Zeitschrift
für den
Physikalischen und Chemischen Unterricht.

XLIII. Jahrgang. 1930. Zweites Heft.

Hydrodynamische Kraftfelderscheinungen.

Stationäre oder permanente Flüssigkeitsbewegungen.

Von V. Bjerknes in Oslo.

1. Stationäres Massenfeld. Wir betrachten im folgenden ausschließlich stationäre oder permanente Bewegungen, d. h. man hat ein unveränderliches System von Stromlinien, die zugleich die Bahnen der bewegten Partikelchen sind, und alles verläuft so, daß, wenn ein Partikelchen den Platz seines Vorgängers einnimmt, es auch die Dichte und die Geschwindigkeit angenommen hat, die der Vorgänger an dieser Stelle hatte.

Dichteänderung darf zur Vereinfachung nur an bestimmten festliegenden Grenzflächen vorkommen, wo die durchströmenden Flüssigkeitpartikelchen plötzlich eine andere Dichte annehmen, etwa durch einen physikalischen Prozeß ähnlicher Art wie Verdampfung oder Kondensation. Dabei bleibt die Masse erhalten. Das heißt: die Normalkomponente der spezifischen Bewegungsgröße V (Produkt der Geschwindigkeit v und der Dichte ϱ) muß dieselbe sein beiderseits der Grenzfläche; oder die normalen Geschwindigkeitskomponenten müssen sich umgekehrt verhalten wie die Dichtigkeiten. Die inneren Kräfte, die die Dichtigkeitsveränderungen erzeugen, müssen folglich die Massen beschleunigen, welche unter Expansion durchströmen, und die Massen verzögern, welche unter Kondensation durchströmen. Diese inneren Kräfte wirken aber nur auf die Normalkomponente der Geschwindigkeit. In der Richtung tangential zu der Grenzfläche haben sie keinen Grund, in der einen Richtung mehr als in der anderen zu wirken. Die Partikelchen gehen deshalb durch die Grenzfläche mit unveränderter Tangentialkomponente der Geschwindigkeit. An der Grenzfläche hat man folglich eine stetige Normalkomponente der spezifischen Bewegungsgröße und eine stetige Tangentialkomponente der Geschwindigkeit

$$V_n = V_n', \; v_t = v_t' \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

Die Vergleichung mit den Formeln (5) und (6) auf S. 2 des ersten Heftes (Jahrg. 43 dieser Zeitschrift) zeigt, daß beim Übergang von impulsiver zu stationärer Bewegung die Vektorengeschwindigkeit und spezifische Bewegungsgröße ihre Rollen vertauscht haben. Das der Formel (7) auf S. 2 entsprechende Brechungsgesetz wird jetzt

$$\frac{\operatorname{tg} i}{\operatorname{tg} i'} = \frac{\varrho}{\varrho'} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

Die Tangenten verhalten sich nicht mehr wie die spezifischen Volumina, sondern wie die Dichten; die Stromlinien werden vom Einfallslot abgelenkt, wenn das Durchströmen unter Kondensation stattfindet. Die Korrespondenz mit den elektrischen oder magnetischen Größen kehrt sich um: Geschwindigkeit entspricht Feldstärke, elektrisch oder magnetisch; spezifische Bewegungsgröße entspricht elektrischer Verschiebung oder magnetischer Induktion; die Dichte entspricht Dielektrizitätskonstante oder magnetischer Permeabilität.

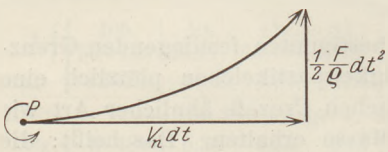
Wenn das Durchströmen durch einen Körper unter Kondensation stattfindet, sammeln sich die Stromlinien und gehen in großer Zahl durch den Körper, wie die

magnetischen Kraftlinien durch Eisen. Findet das Durchströmen unter Expansion statt, so divergieren die Stromlinien und gehen in kleiner Zahl durch den Körper, wie die magnetischen Kraftlinien durch einen diamagnetischen Körper.

2. Lokale Wirbelerhaltung. Wirbel, die bei stationärer Bewegung vorkommen, müssen lokal erhalten bleiben. Massen, die in ein Gebiet eintreten, wo Wirbeln vorkommt, müssen beim Eintreten von diesem Wirbeln erfaßt werden und beim Austreten wieder freigegeben werden. Wir wollen die Kräfte suchen, die dieses lokale Wirbel-Erhalten sichern.

Diese Kräfte dürfen der Flüssigkeit keine Energie zuführen. Deshalb müssen sie zu den Bahnen der Partikelchen senkrecht stehen, die, wie schon bemerkt, bei stationärer Bewegung mit den Stromlinien zusammenfallen. Weiter reicht es hin, Kräfte anzunehmen, die zu den permanenten Wirbellinien des Feldes senkrecht stehen. Denn sie sollen nur die Rotation um diese Linien regulieren, und jede Komponente längs dieser Linien bleibt bedeutungslos.

Es sei nun F der Betrag dieser Kraft pro Volumeneinheit und folglich $\frac{F}{\varrho}$ ihr Betrag pro Masseneinheit. Der Punkt P (siehe die Figur) sei die Projektion einer Wirbellinie, die senkrecht zu der Ebene des Papiers verläuft und Ω die Winkelgeschwindigkeit, die die Flüssigkeitsmassen um diese Wirbellinie haben sollen. Ein Partikelchen, das die Wirbellinie P mit der Geschwindigkeit v passiert, entfernt sich von dieser Wirbellinie mit der Geschwindigkeit v_n, die die Projektion der Geschwindigkeit v auf die Normalebene der Wirbellinie, d. h. auf die Ebene des Papiers, ist. Während des Zeitelements dt hat sich das Partikelchen um die Länge $v_n\,dt$ von der Wirbellinie entfernt. Gleichzeitig ist es aber um die Länge $\frac{1}{2}\frac{F}{\varrho}dt^2$ senkrecht zur geraden Linie $v_n\,dt$ verschoben worden. Diese Verschiebung, dividiert durch die Länge $v_n\,dt$, gibt den elementaren Winkel $\frac{1}{2}\frac{F}{\varrho}dt^2/v_n\,dt$, den das Partikelchen während des Zeitelements dt relativ zu der Achse P beschrieben hat. Wir erhalten folglich:



Lokale Wirbelerhaltung.

$$\frac{1}{2}\frac{F}{\varrho}\frac{dt^2}{v_n\,dt} = \Omega\,dt,$$

oder durch Auflösen in bezug auf F:

$$F = \varrho\,2\,\Omega\,v_n.$$

Jetzt ist die doppelte Winkelgeschwindigkeit $2\,\Omega$, was man das Wirbeln nennt (englisch vorticity, mathematisch definiert: rot. v oder curl v). Die Kraft ist also gleich dem mit der Dichte ϱ der Flüssigkeit multiplizierten Produkt cv_n des Wirbelns c in die Komponente v_n der Geschwindigkeit senkrecht zum Wirbeln. Dieses Produkt läßt sich darstellen durch den Flächeninhalt des Parallelogramms, das die beiden Vektoren c und v bilden. Die Kraft ist gleich dem mit der Dichte ϱ multiplizierten Vektorprodukt dieser beiden Vektoren, und zwar mit dem Wirbeln als erster Faktor. Denn die Kraft muß in die Richtung wirken, die nach der Schraubenregel positiv ist, relativ zu der Rotationsrichtung; d. h. von dem Wirbeln (auf der Figur aufwärts von der Ebene des Papiers zeigend) zu der Geschwindigkeit v. Die Formel

$$F = \varrho c \times v \text{ oder } = \varrho\,[cv] \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

stellt also mit Vektorbezeichnung die lokal wirbelerhaltende Kraft dar, bezogen auf die Einheit des Volumens.

Die Kraft läßt sich auch auf die Längeneinheit einer Wirbelröhre beziehen. Das Produkt des Wirbelns c in den Querschnitt $d\sigma$ einer Wirbelröhre wollen wir den Wirbel $i = cd\sigma$ nennen. Dieser Vektor hat aus zwingenden geometrischen Gründen

denselben Zahlenwert längs der ganzen Länge einer und derselben Wirbelröhre. Sonst wollen wir auch diese ganze Röhre einen Wirbel nennen, und zwar der Wirbelstärke i. Dabei verwenden wir das Wort Wirbel in zwei Bedeutungen, genau wie wir unter der Bezeichnung „elektrischer Strom" sowohl den Vektor verstehen, der in einem bestimmten Punkte die Richtung und die Stärke eines elektrischen Stroms darstellt, wie auch die Gesamtheit des Stromverlaufs mit zugehöriger Stromstärke. Somit können wir die Kraft (3), bezogen auf die Längeneinheit eines Wirbels i, in der Form schreiben:

$$F = \varrho i \times v \text{ oder } = \varrho [iv] \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (4)$$

Diese Gleichung sagt aus: Die Wirbel werden lokal erhalten, wenn pro Längeneinheit jeder Wirbelröhre eine Kraft wirkt gleich der Dichte ϱ der Flüssigkeit, multipliziert mit dem Vektorprodukt des Wirbels i in die Geschwindigkeit v.

Wenn keine solche Kraft eingreift, wird die lokale Wirbelerhaltung durch die bekannte Helmholtzsche individuelle Wirbelerhaltung ersetzt: im Momente, wo die Kraft (4) zu wirken aufhört, fangen die Wirbel an, mit dem Strom zu treiben, und werden nicht mehr an Ort und Stelle, sondern an den bewegten Massen erhalten.

3. Analogie mit dem elektromagnetischen Felde. Die allgemeine geometrische Analogie zwischen dem hydrodynamischen Wirbelfeld in homogener Flüssigkeit und dem magnetischen Feld elektrischer Ströme in homogenem Dielektrikum ist längst bekannt (Helmholtz 1859). Wie diese Analogie im Falle der Heterogenität genauer festzusetzen ist, haben wir schon gesehen. Das folgende Schema gibt die Korrespondenz:

v — Geschwindigkeit	magnetische Feldstärke
V — spezifische Bewegungsgröße . . .	magnetische Induktion
ϱ — Dichte	magnetische Permeabilität
c — Das Wirbeln (rot. v)	elektrische Stromdichte
i — Der Wirbel	elektrischer Strom

Über das stationäre hydrodynamische Stromfeld wissen wir jetzt nach (4): wo ein Wirbel i vorhanden ist, muß eine äußere Kraft $F = \varrho\ i \times v = i \times V$ eingreifen, damit dieser Wirbel an Ort und Stelle erhalten bleiben kann. Über das magnetische Feld wissen wir: wo elektrischer Strom vorkommt, muß eine äußere Kraft $F' = -i \times V$ eingreifen, damit der Strom an Ort und Stelle erhalten bleiben kann. Denn sonst würde die elektrodynamische Kraft, die durch das Vektorprodukt aus Strom und magnetischer Induktion dargestellt wird, $F = i \times V$, den Strom verschieben. In beiden Fällen müssen also äußere Kräfte eingreifen, um das System unveränderlich zu erhalten; nur sind die im hydrodynamischen System erforderlichen Kräfte den im magnetischen System erforderlichen Kräften entgegengesetzt gleich.

Das Resultat ist gültig für alle Konfigurationen des hydrodynamischen und des magnetischen Feldes. Auch der Grenzfall ist einbegriffen, wo das Wirbeln in Flächenwirbeln (Gleiten) und der elektrische Strom in Flächenstrom übergeht. Auch im Heterogenitätsfall, wo die hydrodynamischen Stromlinien in einen Raum anderer Dichte und die magnetischen Kraftlinien in einen Raum anderer Permeabilität eintreten, begegnet man einander entsprechenden Kräften. Um das zu sehen, kann man sich den Dichte- oder den Permeabilitätsunterschied entfernt denken und dafür Flächenwirbel oder flächenhaft verteilte elektrische Ströme einführen, welche unveränderten Verlauf der Strom- oder Kraftlinien bewirken. Diese Flächenwirbel und Flächenströme entsprechen einander dann genau und geben zu entgegengesetzt gleichen äußeren Kräften Anlaß.

4. Feste Körper in der Flüssigkeit. Diese allgemeinen Resultate können nur in begrenzter Ausdehnung experimentell geprüft werden, weil wir kein Mittel

haben, um Kräfte in einer strömenden Flüssigkeit lokal auszuüben. Wir müssen uns auf den Fall beschränken, wo gewisse Teile der Flüssigkeit sich unbeweglich halten sollen und deshalb ebensogut starr oder durch feste Körper ersetzt gedacht werden können. Dann können wir die Kräfte messen, die erforderlich sind, um diese Körper in der Flüssigkeit festzuhalten. Oder wir können die Bewegungen beobachten, welche aufkommen, wenn diese Kräfte zu wirken aufhören.

An der Oberfläche solcher unbeweglichen festen Körper hat man Gleitwirbel, entsprechend den Oberflächenströmen im analogen magnetischen System. Da die Stromlinien tangential zu den Oberflächen solcher Körper verlaufen, müssen die Körper im entsprechenden magnetischen System so auftreten, als wären sie absolut diamagnetisch. Oder, was auf dasselbe hinauskommt: die elektrischen Oberflächenströme haben solche Verteilung, daß sie das Innere der Körper gegen jedes Eindringen magnetischer Kraftlinien von außen schützen. Betrachten wir der Allgemeinheit halber den Fall, daß die Körper auch von Kanälen durchsetzt sind und als poröse Körper durchströmt werden können, so erhalten wir das folgende Resultat: Feste Körper, die in solcher Weise umströmt oder, wenn porös, in solcher Weise durchströmt werden, daß keine anderen Wirbel als die Gleitwirbel an den Körperoberflächen auftreten, müssen, um unbeweglich zu bleiben, von äußeren Kräften festgehalten werden, entgegengesetzt gleich denjenigen, die erforderlich sind, um die Körper mit der entsprechenden Oberflächenverteilung elektrischer Ströme im entsprechenden Magnetfeld festzuhalten.

Auch dieses Resultat kann aber nur in beschränkter Ausdehnung geprüft werden, weil oft turbulente Wirbelbildung in der freien Flüssigkeit auftritt, so daß sich das verlangte Feld nicht bildet. Indem wir dieses im Auge behalten, gehen wir zu verschiedenen Folgerungen und experimentellen Verifikationen über.

5. Kräfte an Röhrenmündungen. Zwei Röhren, die permanent durchströmt werden, entsprechen elektrischen Stromsolenoiden. Sie sollten aufeinander wie Magnete wirken, nur nach dem verkehrten Polgesetz: die Ausströmungsenden sollten einander anziehen, ebenfalls die Einströmungsenden, während ein Einströmungsende und ein Ausströmungsende sich gegenseitig abstoßen. Die Versuche gelingen aber nur in beschränkter Ausdehnung, weil das Ausströmen, statt symmetrisch radial zu verlaufen, gewöhnlich mit einer turbulenten Strahlbildung verbunden ist. Der Abstoßungsversuch gelingt aus diesem Grunde überhaupt nicht. Die Anziehung kann aber gelingen, und zwar nicht bloß, wie man gleich erwartet, im Falle zweier Einströmungsenden; sie gelingt auch auf kurze Entfernung bei sorgfältiger Justierung mit zwei Ausströmungsenden. Erforderlich ist, daß zwei genau gleich starke Ströme einander genau symmetrisch begegnen und, gegeneinander abbiegend, nach allen Richtungen längs der Symmetrieebene ausfließen: dann erfolgt kräftige Anziehung. Aus diesem Versuch leitet man wieder einen leicht ausführbaren Versuch ab. Die Symmetrieebene kann man sich nämlich erstarrt und dann durch eine feste Ebene ersetzt denken. Dabei bleibt die Anziehung bestehen. Wenn man deshalb auf kurzen Abstand durch das Loch einer Garnrolle gegen ein Kartenblatt bläst, wird das letztere angezogen, — ein altbekannter Versuch.

6. Das hydrodynamische Paradoxon. Ein Körper, der in einem gleichmäßigen Strom still steht, entspricht einem Körper, der sich in Ruhe in einem homogenen Magnetfeld befindet und dabei entweder absolut diamagnetisch ist, oder auch solche oberflächliche Stromverteilung hat, daß keine Kraftlinien hineindringen können. Dieser Körper wird von keiner Kraft angegriffen. Folglich sollte auch keine Kraft den Körper im Flüssigkeitsstrome angreifen. Oder, wegen der Relativität der Bewegung: keine Kraft wird der gleichmäßigen Bewegung eines Körpers durch eine ruhende Flüssigkeit entgegenwirken. Mit unseren täglichen Erfahrungen scheint

dies in schroffstem Widerspruch zu stehen. Auf die Erklärung dieses Paradoxons werden wir weiterhin zurückkommen.

7. Rotoreffekt. Der Körper, der im Strome ruht, soll jetzt ein langer Zylinder sein, mit beliebigem Querschnitt, seine Achse sei senkrecht zum Strome gerichtet. Im idealen Falle ist keine Kraft erforderlich, um ihn festzuhalten. Ist kein äußerer Strom da, sondern besteht dafür eine Wirbelbewegung (Zirkulation) der Intensität i um den Zylinder, so ist auch keine Kraft nötig, um den Zylinder festzuhalten, ebensowenig wie den entsprechenden stromführenden Leiter. Wird aber jetzt ein Strom der Geschwindigkeit v oder der spezifischen Bewegungsgröße V senkrecht zur Zylinderachse hinzugefügt, so entspricht der Zylinder einem Leiter mit dem elektrischen Strom i in einem Magnetfelde der Feldstärke v oder der Induktion V: Der Zylinder kann nur dann in Ruhe bleiben, wenn ihn eine äußere Kraft im Betrage $F = i \times V$ pro Längeneinheit festhält und ihn hindert, sich quer zum Strome zu bewegen, wie der elektrische Strom quer zum Magnetfelde: dies ist der bekannte Rotoreffekt.

Die Kraft ist nur so lange da, als der Zylinder im Strome ruht. Sobald er mit dem Strome treibt, verschwindet die Kraft. Dann hat man nicht mehr die lokale, sondern die Helmholtzsche individuelle Wirbelerhaltung. Aus dem Prinzip der Relativität der Bewegung folgt, daß es gleichgültig ist, ob sich die Flüssigkeit am rotierenden Zylinder vorbeibewegt, oder ob der Zylinder unter Rotation durch die ruhende Flüssigkeit geführt wird: in beiden Fällen hat man denselben Rotoreffekt.

8. Versuche mit rotierenden, in Wasser schwimmenden Zylindern. Man prüft diese Resultate sehr einfach mittels eines Kreiszylinders, der mit vertikaler Achse frei in Wasser schwimmt. Wird das ganze Gefäß bewegt, so folgt der in Rotation versetzte Zylinder dem Gefäß. Er zeigt keine Tendenz, sich quer zur Bewegungsrichtung des Gefäßes zu bewegen: dies ist der Helmholtzsche Fall der Kraft Null. Mittels eines Fadens kann man aber die verlängerte Achse des Zylinders festhalten und ihn verhindern, der Bewegung des Gefäßes zu folgen: der Zylinder schlägt dann quer aus, nach der Seite hin, wo die Translationsbewegung des Gefäßes und die Peripheriegeschwindigkeit des Zylinders gleichgerichtet sind. Umgekehrt kann man das Gefäß still stehen lassen und mittels des Fadens den rotierenden Zylinder durch die Flüssigkeit ziehen: er schlägt dann wieder quer aus, und zwar nach der Seite hin, wo die Peripheriegeschwindigkeit und die erzwungene Translation des Zylinders entgegengesetzt gerichtet sind.

Zwei solche Zylinder stoßen einander ab, wenn sie beide gleich rotieren; sie ziehen einander an, wenn sie entgegengesetzt rotieren: das entspricht der Anziehung gleichgerichteter und der Abstoßung entgegengesetzt gerichteter elektrischer Ströme. Die Kraft flaut ab, wenn der eine Zylinder anfängt, mit dem Strom zu treiben, den der andere Zylinder erzeugt; man nähert sich dann dem Helmholtzschen Fall. Die Kraft zeigt sich aber gleich mit voller Stärke wieder, wenn man mittels Fäden dieses Treiben aufhebt. Weiter sieht man, daß ein rotierender Zylinder von einer ebenen Wand angezogen wird, er wird, so kann man sagen, von seinem Spiegelbild in der Wand angezogen. Gleichzeitig fängt er an, längs der Wand zu treiben, wieder genau so, als triebe er in dem von seinem Spiegelbild erzeugten Strome. Der Zylinder bewegt sich entgegen der Richtung, der er folgen würde, wenn er auf der Wand rollte. In demselben Maße, wie dieses Treiben zunimmt, nimmt die Anziehungskraft zur Wand ab. Wenn deshalb der Zylinder hinlänglich lange seine Rotation beibehält, kann man beobachten, wie er den ganzen Umlauf längs der Wandung eines viereckigen Gefäßes vollführt, ohne gegen die Wand anzustoßen. Die Anziehungskraft zur Wand nimmt aber gleich wieder volle Stärke an, wenn man mittels eines Fadens das Treiben des Zylinders längs der Wand verhindert.

Diese fundamentale Regel, daß der Rotoreffekt nur vorhanden ist, solange der Zylinder nicht mit dem Strome treibt, ist eine Tatsache, die — wie der Verfasser

aus persönlicher Erfahrung weiß — sehr oft von „Erfindern“ vergessen wird, die den Rotoreffekt ausnutzen wollen.

Wesentlich für das schöne Gelingen der oben beschriebenen Versuche ist es, daß die Zylinder hinlänglich lange ihre Rotation beibehalten können und daß sie gleichzeitig leicht handlich sind. Man erzielt beides mit Zylindern mit eingebauten Kreiseln, die allmählich durch die Reibung ihre Rotationsenergie an die Zylinder abgeben[1]. Wenn man bei diesen Versuchen die Fäden in Anwendung bringt, ist es wichtig, sanft zu ziehen und heftige Rucke zu vermeiden. Denn diese haben störende Präzessions- oder Nutationsbewegungen der Zylinder zur Folge.

9. Der fliegende Zylinder. Der einfachste Versuch zur Demonstration des Rotoreffektes ist aber vielleicht der folgende, den man ausführen kann mit einem leichten Hohlzylinder (Papprolle für Postsendungen oder ein Stück Zelluloidrohr, z. B. Länge 30 bis 40 cm, Durchmesser 4 bis 5 cm, Wandstärke von 0,2 bis 2 mm), einem Band oder Bindfaden, etwa 1 bis 1,5 m lang mit einer Öse am einen Ende, und einem leichten Stab, der etwa 1,5 m lang ist. Man rollt das Band um die Mitte des Zylinders, so daß die Öse am Ende des Bandes frei ist, und legt den Zylinder auf einen Tisch. Man steckt das Ende des Stabes in die Öse und zieht mit möglichster Schnelligkeit das Band ab, so daß der Zylinder unter Rotation längs der Tischfläche gezogen wird. Hat man nun die Öse oben gelegt, so daß die Peripheriegeschwindigkeit des Zylinders oben die Richtung der Translation hat (d. h. wenn der Zylinder auf dem Tische rollt), so folgt der Zylinder der Tischfläche, biegt am Rande des Tisches plötzlich um und schlägt gewaltig gegen den Boden. Hat man dagegen die Öse nach unten gelegt, so daß die Peripheriegeschwindigkeit unten die Richtung der Translation hat, so sieht man den Zylinder sich von der Tischfläche heben, und je nach dem Gewicht und dem Verhältnis zwischen rotatorischer und translatorischer Energie beschreibt er eine der folgenden Bahnen: eine Trochoide mit Öse; eine Zykloide; eine Trochoide ohne Öse; eine fast gerade horizontale Linie. Alle Kurven sind mit anderen Worten Trochoiden, mit eingeschlossen die Spezialfälle der Zykloide und der geraden Linie. Diese Bahnen folgen unmittelbar aus der senkrecht zur Bahn wirkenden ablenkenden Kraft $\varrho v v$. Wegen des allmählichen Abflauens sowohl der translatorischen wie der rotatorischen Energie nimmt aber diese Kraft allmählich ab, und es kommt gewöhnlich nur eine Öse, eine Spitze oder eine Welle der Trochoide zur Entwicklung, und das angenähert gerade Bahnstück, d. h. das reine Schweben, wenn ablenkende Kraft und Schwerkraft einander genau aufheben, hört ziemlich plötzlich mit dem Übergewicht der Schwerkraft auf. Unter günstigen Umständen kann man aber die Andeutung auch einer zweiten Welle der Trochoide sehen.

Um die verschiedenen Kurventypen zu erhalten, hat man teils die Dimensionen und das Gewicht der Zylinder verschieden zu wählen, teils hängt viel von der Übung beim Abschleudern ab. Mit ganz leichten Zylindern bekommt man sehr leicht kleine, ganz ausgesprochene Ösen. Bei schwereren Zylindern kann man größere Ösen erhalten, die aber erst in größerer Höhe zustande kommen. Oder man gelangt zur Zykloide oder Trochoide ohne Öse. Nach einiger Übung wird ein tüchtiger Sportsmann leicht einen passend schweren Zylinder bis zur Decke eines beliebigen Zimmers oder selbst eines ziemlich großen Hörsaales hinauf bringen können.

Die Tischplatte, von der aus man den Zylinder schleudert, kann man auch schräg stellen, so daß der Zylinder schräg aufwärts geworfen wird. Dabei kann man erreichen, daß nur die Öse der Trochoide ausgenutzt wird. Wer den Zylinder abschießt, kann dann seinen eigenen Schuß in den Rücken erhalten: dies ist die reinste Form des Bumerangeffektes. Die Australneger sind als die ersten Entdecker des Rotoreffektes zu nennen. Dann folgte die Wiederentdeckung durch die Ballistiker zur Zeit der Rundkugelgeschosse, und schließlich Magnus' Reinkultur der Erscheinung durch seinen bekannten Versuch (1853).

[1] Bezugsquelle Spindler & Hoyer in Göttingen.

10. Technische Anwendungen. Das Rotorschiff ist eine technische Anwendung dieses Rotoreffektes. Man kann sich auch ein Flugzeug konstruiert denken mit rotierendem Zylinder als Tragflügel. Dabei muß die Peripheriegeschwindigkeit des Zylinders auf der Unterseite nach vorn gerichtet sein. Dies ist in Wirklichkeit das einfachste Modell, um das Aeroplanprinzip zu demonstrieren. Das Geheimnis des gewöhnlichen Tragflügels ist bekanntlich, daß die Luftbewegung relativ zum Tragflügel langsamer ist unterhalb als oberhalb desselben. Dieses entspricht dem Vorhandensein eines Wirbels i um den Tragflügel herum, nach vorn gerichtet auf der Unterseite und nach hinten auf der Oberseite. Das mit der Luftdichte multiplizierte Vektorprodukt dieses Wirbels i in die Geschwindigkeit v des Aeroplans gibt in erster Annäherung den Auftrieb pro Längeneinheit des Tragflügels (Kutta-Joukowskis Satz genannt).

Die Theorie des Propellerflügels und der Turbinenschaufel ist in der Hauptsache dieselbe wie die des Tragflügels. In allen Fällen begegnet man der hydrodynamischen Kraft, die der elektrodynamischen Kraft im Magnetfelde entspricht. Wenn deshalb eine Turbine und eine Dynamomaschine auf derselben Achse gekoppelt sind, so tritt dieselbe Kraft, so kann man sagen, sowohl in der Turbine wie in der Dynamomaschine auf, nur in den beiden Fällen mit entgegengesetzten Vorzeichen: dies läßt eine tiefe Harmonie in der Natur erkennen.

11. Flüssigkeitswiderstand. Wenn eine Flüssigkeit an einem ruhenden Körper vorbeiströmt, werden die Partikelchen einer sehr dünnen Schicht ganz nahe an der Oberfläche des Körpers verzögert. Diese verzögerten Partikelchen sammeln sich hinter dem Körper, wo sie Wirbel bilden, weil die Partikelchen, die dem Körper am nächsten waren, sich langsamer bewegen als die etwas mehr entfernten. Diese Wirbel wachsen an, bis sie so groß werden, daß sie vom Strome abgeführt werden (Prandtls Grenzschichttheorie). Dann bilden sich neue Wirbel, die ähnlich abgeführt werden, und es entsteht ein wirbelndes Kielwasser hinter dem Körper. Der Flüssigkeitswiderstand wird groß bei Körpern, hinter welchen große Wirbel sich bilden können, nimmt aber außerordentlich ab bei der hinten zugespitzten Form (Fischform). Man kann in dieser Weise, wie Göttinger Versuche gezeigt haben, den Widerstand eines Körpers auf $^1/_{25}$ bis $^1/_{30}$ seines Widerstandes bei Scheibenform gleichen Querschnittes senken. Man nähert sich dem idealen Fall der Widerstandslosigkeit, den man sollte erreichen können, wenn man zugleich die Reibung auf Null herabsetzen könnte.

Vom relativ unbedeutenden reinen Reibungswiderstand abgesehen, rührt der Flüssigkeitswiderstand, wie man jetzt gewöhnlich sagt, von der Arbeit her, die zur Bildung der Wirbel verbraucht wird. Man kann aber auch einen Schritt weiter gehen und sagen: Der Widerstand rührt von der Anziehung zwischen dem Körper und dem in Bildung begriffenen Wirbel her. Er entspricht der Anziehung zwischen dem rotierenden Zylinder und der Wand. Die Anziehung ist sehr kräftig wegen des kurzen Abstandes, solange der Wirbel noch unmittelbar am Körper haftet, geht aber schnell gegen Null, wenn sich der Wirbel loslöst und mit dem Strome abtreibt.

Daß diese Anziehung das Entscheidende ist, zeigt die Beobachtung der Wirbelbildung hinter einem ruhenden Zylinder in einem Strome. Wenn die Symmetrie vollkommen wäre, sollten sich hinter dem Zylinder zwei symmetrische, entgegengesetzt rotierende Wirbel bilden, und beide sollten sich gleichzeitig loslösen. Da aber immer an der Symmetrie etwas fehlt, löst sich einer der Wirbel zuerst los, und danach lösen sich die Wirbel in regelmäßiger Reihenfolge, abwechselnd auf der einen und auf der anderen Seite (Besnard, Kármán). Ist nun der Zylinder nicht ganz fest, sondern etwas beweglich wie ein runder Stab, den man mit der Hand in strömendes Wasser hält, so kommt der Zylinder in Schwingungen quer zur Stromrichtung. Man kann den Stab nicht unbeweglich halten: die Anziehung des Wirbels macht sich abwechselnd auf der einen und der anderen Seite geltend. Dies erklärt z. B. auch das „Singen“ der Telegraphendrähte.

Wenn man rudert, bildet sich ein Wirbel am Rande des Ruderblattes, der etwas nachhängt, während sich das Ruderblatt durch das Wasser bewegt. Der Widerstand, den man dabei merkt, also die ganze Wirkung beim Rudern, beruht auf der Anziehung zwischen dem Ruderblatt und diesem nachhängenden Wirbel. In ähnlicher Weise erklärt sich die Wirkung des Fischschwanzes. Die Wirkung der Flügelschläge der Vögel oder Insekten beruht ähnlich auf der Anziehung zwischen den Flügeln und den an deren Rande gebildeten, etwas nachhängenden Wirbeln. Überall begegnet man der hydrodynamischen Kraft, die der elektrodynamischen Kraft im Magnetfelde entgegengesetzt gleich ist.

Kleine Mitteilungen.

Die Thermosflasche als Hilfsmittel für die physikalischen Schülerübungen.

Von Dr. V. Gurski in Wesel.

Die folgenden Mitteilungen bezwecken, auf die Thermosflasche als ein billiges und recht brauchbares Hilfsmittel für die physikalischen Schülerübungen aufmerksam zu machen.

Da ihr Behälter ein Dewarsches Gefäß ist, ist ihre Wärmestrahlung äußerst klein. Eine mit 446 g Wasser von $t_a = 86{,}4^0$ C gefüllte Thermosflasche wurde durch einen Korken, durch den ein Thermometer mit $^1/_5{}^0$-Teilung führte, geschlossen und in einem gleichmäßig temperierten Raum von $\vartheta = 18^0$ C 3 Tage lang erst 1-stündlich, dann 2-, später 3- oder 4-stündlich zwecks Aufnahme der Temperaturkurve beobachtet. Es ergab sich, 1. daß für Temperaturunterschiede $t - \vartheta$ unter 8^0 C zwischen dem strahlenden Gefäß und der Umgebung das Newtonsche Strahlungsgesetz $t - \vartheta = (t_a - \vartheta)\, e^{-\alpha\tau}$ mit $\alpha = 0{,}0000075$ gut erfüllt ist, 2. daß bei größerem Temperaturüberschuß (bis $68{,}4^0$) das Newtonsche Gesetz um so schlechter erfüllt ist, je größer er ist (bei $68{,}4^0$ ist α auf den $1^1/_2$fachen Betrag angewachsen), 3. daß bei jeder Temperatur unter 100^0 C die Wärmestrahlung während einer durchschnittlichen Versuchsdauer praktisch Null ist. So sank, um einzelne Messungsergebnisse zu nennen, in einer Stunde die Temperatur von $86{,}4^0$ auf $83{,}8^0$, von $65{,}4^0$ auf 64^0, von $44{,}9^0$ auf $44{,}2^0$, von $28{,}2^0$ auf $27{,}9^0$, während 79 Stunden insgesamt von $86{,}4^0$ auf 26^0.

Nachdem so eine Vorstellung von der Größe der Wärmestrahlung der Flasche gewonnen worden war, wurde die Flasche zur Untersuchung der spezifischen Wärme des Wassers in dem Temperaturintervall von 18^0 C bis 80^0 C benutzt. Die Frage, ob die spezifische Wärme des Wassers konstant ist, erhebt sich gleich bei der Einführung in die Wärmelehre, wenn die beim Siedeversuch des Wassers beobachtete Tatsache erklärt werden soll, daß trotz konstanter Wärmezufuhr der Temperaturanstieg des Wassers pro Minute mit wachsender Zeit kleiner und kleiner und schließlich mit Beginn des Siedens Null wird. Ist die spezifische Wärme des Wassers konstant, so ist die Abnahme der Steigung der Temperaturkurve durch die Ausstrahlung (Strömung) allein erklärt, sonst nicht. Um diese Verhältnisse zu klären, muß der Siedeversuch des Wassers mit einem Gefäß ausgeführt werden, dessen Wärmestrahlung während der Versuchsdauer vernachlässigt werden kann.

Die Thermosflasche wurde elektrisch geheizt. Ein 160 cm langer, 0,4 mm dicker Manganindraht wurde schraubenlinienförmig aufgerollt; an seine Enden wurden 2 lange dicke Kupferdrähte angelötet; letztere wurden, mit dünnen Glasröhren umgeben, so in einen Kork der Thermosflasche eingesetzt, daß sich die Drahtspirale der Wandung der Flasche am Boden anschmiegte. Der Kork erhielt ferner eine weite, gut passende Durchbohrung für den Quecksilberbehälter des Thermometers und eine enge Durchbohrung zum Einsetzen einer dünnen Glasröhre, in der der Stiel eines Rührstabes gleiten konnte. Der Rührstab trug am unteren Ende eine aus vielen Windungen bestehende Drahtspirale und wurde mittels Korkgriffes vertikal bewegt. Da der Quer-

schnitt des Korkes nicht groß war, erforderte seine 4-fache Durchbohrung etwas Geduld. Die Flasche wurde mit destilliertem Wasser beschickt, nicht ganz voll, damit das Wasser bei der Ausdehnung durch die Wärme nicht ausfloß. Die Spirale wurde in Reihe mit einem Lampenwiderstand an die Lichtleitung angeschlossen. Die Stromstärke betrug rund 2 Ampère, die Spannung an den Enden der Spirale 16,3 Volt. Unter dauerndem Rühren des Wassers wurde die Temperatur von Minute zu Minute abgelesen. Sie stieg gleichmäßig um 1,9° C pro Minute; eine Änderung des Temperaturanstiegs war auch bei 80° C noch nicht wahrnehmbar. Damit war für Schulzwecke hinreichend genau gezeigt, daß die spezifische Wärme des Wassers in erster Annäherung als konstant angesehen werden kann.

Dieser Nachweis ließ sich mit einer Heizspirale aus Nickelin nicht so deutlich erbringen, denn bei ihrer Verwendung betrug der Temperaturanstieg nacheinander sechsmal 1,8°, fünfmal 1,9°, dreimal 2,0°, viermal 2,05° und zwölfmal 2,1°. Sein Anwachsen wird offenbar durch die Vergrößerung des spezifischen Widerstandes des Nickelins mit wachsender Temperatur erklärt.

Auch zur Bestimmung der spezifischen Wärme fester Körper in Schrotgröße und zur Ermittlung des elektrischen Wärmeäquivalents kann die Thermosflasche recht gut gebraucht werden.

Ebenso läßt sie sich an Stelle der WHITINGschen Pappröhre zur Bestimmung des mechanischen Wärmeäquivalents verwenden, wenn statt des Bleischrots Quecksilber als fallender Körper benutzt wird. Während die WHITINGsche Fallröhre zur Erzielung brauchbarer Messungsergebnisse vorgekühlt werden muß und diejenige Wärmemenge nicht berechnet werden kann, die dort in die Pappe wandert, wo sie vom Bleischrot berührt wird, ist dies bei der Thermosflasche nicht der Fall. Darin liegt ihr Vorzug vor der WHITINGschen Fallröhre, wenngleich andererseits die Bestimmung der Fallhöhe wegen der eigenartigen Form des Einsatzgefäßes umständlicher als bei der Fallröhre ist.

Der Hohlraum des Einsatzgefäßes ist, vom Flaschenhals abgesehen, ein Zylinder, auf dem unten eine halbkugelförmige, oben eine kegelstumpfartige Kuppe sitzt. Seine vertikale Ausdehnung wurde durch Einführen eines Glasstabes, die Mantellinie des zylinderförmigen Mittelstücks durch Ausmessung der Mantellinie des Außenzylinders bestimmt. Es ergab sich im Mittel für den Radius der Halbkugel 2,9 cm, für die Mantellinie des Zylinders 12,0 cm, für die Höhe der oberen Kuppe 2,2 cm und für die Länge des Flaschenhalses 3,0 cm. Die lichte Weite des Halses betrug 4,46 cm, diejenige des zylindrischen Teiles 3,25 cm. Letztere wurde durch einen aus 2 Stricknadeln konstruierten Fühlhebel nach dem Strahlengesetz ermittelt. Die Volumina der 4 Teile des Hohlraums betrugen nach Abzug des Raumes für den 1,8 cm in den Hals ragenden Kork $(5{,}7 + 34{,}81 + 368{,}2 + 51{,}08)\ \text{cm}^3 = 459\ \text{cm}^3$. Eine Wägung ergab den Rauminhalt 450 cm^3; Fehler 2%.

Nun wurden die Schwerpunkte der Quecksilbermasse in den beiden vertikalen Stellungen der Flasche ermittelt. Das Quecksilber wog 175 g und nahm den Raum 12,8 cm^3 ein. Es füllte am Boden einen Kugelabschnitt mit der Höhe 1,3 cm, im Hals einen 1,2 cm hohen Zylinder vom Volumen 5,7 cm^3 und einen 0,4 cm hohen Kegelstumpf vom Volumen 7,1 cm^3. Diese Gesamthöhe 1,6 cm wurde dadurch geprüft, daß aus dem Kork der umgekehrten Flasche eine Glasröhre so weit herausgezogen wurde, bis das Quecksilber herauszufließen begann. Der Schwerpunkt der Quecksilbermasse lag bei aufrechter Stellung 0,85 cm vom tiefsten Punkt, bei umgekehrter Stellung (1,8 + 1,07) cm von oben entfernt. Die Fallhöhe betrug also $[2{,}9 + 12{,}0 + 2{,}2 + 3 - (1{,}8 + 1{,}07 + 0{,}85)]\ \text{cm} = 16{,}4\ \text{cm}$.

Damit das Quecksilber genau die Fallhöhe 16,4 cm durchfiel, wurde die Thermosflasche um eine auf Muffen von 2 Bunsenstativen ruhende Stahlachse gedreht, die mittels des Trinkbechers, den sie nahe am Boden diametral durchsetzte, an der Flasche durch Verschraubung befestigt war. Die Flasche wurde so schnell um 180° aus der untersten in die oberste vertikale Lage gedreht, daß das Quecksilber infolge der

Zentrifugalbeschleunigung während der Bewegung am Boden der Flasche blieb. Die bei 100 Drehungen (hin und zurück) während 2 Minuten in Wärmemenge verwandelte mechanische Arbeit betrug 2,87 mkg.

Zur Berechnung der Wärmemenge mußte der Wasserwert des inneren Gefäßes kalorimetrisch ermittelt werden. Der durch viele Versuche gewonnene Mittelwert 14 cal wurde rechnerisch geprüft, indem der aus dem Gewicht 150 g des ganzen Einsatzgefäßes und der spezifischen Wärme 0,19 cal des Glases berechnete Wasserwert 28,5 cal der ganzen Glasmasse im Verhältnis 235 : 271 des inneren und äußeren Zylindermantels geteilt wurde. Für den Wasserwert des inneren Gefäßes wurden so 13,23 cal gefunden, mit dem hier weitergerechnet werden mag. Da nun das Quecksilber die Wandung des inneren Gefäßes nur oben und unten auf insgesamt 47 cm^2 berührte, während die ganze Oberfläche desselben 346 cm^2 war, so war nur rund $^1/_7$ von 13,23 cal oder 1,89 cal für die Erwärmung des Glases um 1^0 C in Rechnung zu setzen. Im ganzen waren erforderlich zur Temperaturerhöhung um 1^0 C für das Glas 1,89 cal, für das Quecksilber 5,77 cal, für die Luft 0,1 cal, zusammen 7,76 cal. Nun ergaben 10 einzelne Versuche mit 100 Drehungen die mittlere Temperaturerhöhung von $0{,}78^0$ C oder die Wärmemenge 6,05 cal. Durch Vergleich mit der aufgewandten Arbeit folgte 1 cal = 474 mkg; Fehler 10,6 %.

Eine 2. Versuchsreihe wurde mit 275 g Quecksilber ausgeführt, welches Gewicht nahe an der oberen Grenze lag, mit dem das Glas durch Stoß noch belastet werden konnte. Hier betrug die Fallhöhe 15,78 cm, die mechanische Arbeit 4,34 mkg; die benetzte Glasfläche war 61,8 cm^2, so daß für den Wasserwert der 5,6 te Teil von 13,23 cal einzusetzen war. Zur Temperaturerhöhung um 1^0 C waren 11,56 cal erforderlich. 10 Einzelversuche mit je 100 Drehungen gaben die mittlere Temperaturerhöhung $0{,}85^0$ C oder die Wärmemenge 9,82 cal. Das mechanische Wärmeäquivalent war also 442 mkg; Fehler 3,4 %.

Für das Gelingen dieser Versuche ist es unbedingt erforderlich, daß vor ihrer Ausführung die Flasche mit dem eingesetzten Thermometer etwa 1 Tag lang zur Ausgleichung etwaiger Temperaturunterschiede unbenutzt bleibt.

Linsenformel, Brennweite und virtuelles Bild.

Von Dr. **Wilhelm Volkmann** in Berlin-Steglitz.

Bei den messenden Schülerversuchen mit gewöhnlichen Konvexlinsen werden nur die Eigenschaften der Linsenmitte und des achsennahen Raumes erfaßt. Das ist beabsichtigt und wird dadurch möglich, daß man bei der Abbildung entsprechend ausgewählter Objekte unwillkürlich auf die Spitze der Kaustik einstellt. Mehr noch als im Dunkeln ist diese Einstellung im mäßig erhellten Zimmer gesichert, weil dann der Lichthof sphärischer Abweichung, der die Spitze umgibt, von der Raumbeleuchtung überstrahlt wird und überhaupt nicht mehr auffällt.

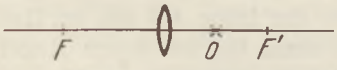


Fig. 1.

Aus den Abständen, die Ding und Bild von der Linse haben, oder aus den zusammengehörigen Verschiebungen von Ding und Bild wird entweder nach bekannten Formeln die Brennweite berechnet,oder die Meßergebnisse werden zur Herleitung der Newtonschen Linsenformel $xx' = f^2$ benutzt. An diese letztgenannte Möglichkeit sollen einige Bemerkungen geknüpft werden; deshalb sei das Verfahren, obwohl es bekannt ist, noch einmal kurz beschrieben.

Die Linse bleibt an einer beliebigen Stelle des Maßstabes dauernd stehen (Fig. 1), Ding und Schirm werden verschoben; ihre Abstände nach links und rechts vom Nullpunkt O des Maßstabes werden notiert und als Abszissen und Ordinaten in Netzpapier eingetragen. In Fig. 2 bedeutet das Kreuz, von dem die Pfeile ausgehen, den Null-

punkt des Maßstabes, nach rechts sind die Dingabstände, noch oben die Bildabstände aufgetragen. Die Meßergebnisse füllen einen Ast einer gleichseitigen Hyperbel, doch sei zunächst die Kenntnis dieser Kurve nicht vorausgesetzt. Das Gebiet der Figur wird begrenzt durch die Wagerechte, die unendlichem Dingabstand und die Senkrechte, die unendlichem Bildabstand entspricht. Diese Feststellung gibt Anlaß dazu, die Dingabstände vom dingseitigen Brennpunkt und die Bildabstände vom bildseitigen Brennpunkt als den Grenzen des Abbildungsbereiches aus zu zählen. Die so verbesserten Ablesungen x und x' lassen die Konstanz des Produktes zusammengehöriger $x\,x'$ erkennen und führen auf den ausgezeichneten Wert $x = x' = f$, der dem Symmetriepunkt der Kurve zugehört.

Es ist bemerkenswert, daß dieses f nicht die Brennweite bedeutet, sondern den ihr nur als Strecke gleichen Abstand zwischen Brennpunkt und Ort der Abbildung in natürlicher Grösse.

Wer die Hyperbel kennt, dem liegt es nahe zu fragen, ob denn ihrem anderen Ast keine Bedeutung für die Linsenwirkung zukommt. Den gleichen Sinn hat die Frage nach der Bedeutung der negativen x und x'. Beide Fragen werden bejaht, indem man den Begriff des Bildes von dem bisher allein in Betracht gezogenen des reellen Bildes auf das virtuelle Bild erweitert. Es entspricht dies ganz der Notwendigkeit, den Begriff der Multiplikation über seinen ursprünglichen Sinn hinaus zu erweitern, sobald man negative Faktoren einführt. Der Symmetriepunkt des zweiten Hyperbelastes hat die Koordinaten $-x = -x' = -f$. Dieses negative f erst ist nicht nur seinem Streckenwert nach, sondern auch seinem Sinne nach die Brennweite.

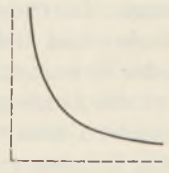


Fig. 2.

Es ist eine mißliche Sache, daß man nicht vermeiden kann, das Wort Brennweite sehr zeitig zu nennen und anzuwenden, daß sein genauer Sinn aber nur nach einem weder kurzen noch einfachen Wege zugänglich wird. Noch mehr als für die Brennweite des Parachsialgebietes, die auf der Achse gemessen wird, trifft das zu für den im breiteren Raum gültigen und allgemeinen Begriff der Brennweite, die auf dem Strahl gemessen und durch $f = \frac{h}{\sin u}$ definiert wird (h = Abstand des achsenparallel einfallenden Strahles, der im Brennpunkt die Achse unter dem Winkel u trifft).

Die Einführung des virtuellen Bildes ist nicht nur eine mathematische Fiktion, sondern ihr entspricht auch ein optisches Erlebnis. Hierbei möchte ich allerdings statt vom virtuellen Bild lieber vom vorgetäuschten Ding reden. Dieser Ausdruck paßt freilich nicht zu jedem virtuellen Bild, sondern nur zu denen, die in unserem Auge wieder zu einem reellen Bild auf der Netzhaut führen; genau dieselben sind es aber, auf die der Ausdruck optisches Erlebnis paßt.

Das optische Erlebnis des vorgetäuschten Dinges ist viel älter als der mathematische Begriff des virtuellen Bildes; als Brechungserscheinung in der Fata morgana; viel verbreiteter aber als Spiegelung an jeder Wasserlache. Die Spiegelung darf in diesem Zusammenhang genannt werden, denn ihre Verschiedenheit von der Brechung besteht, mathematisch betrachtet, ja nur in Belanglosigkeiten. Im Spiegel der Wasserlache hat seit Urzeiten der Mensch (auch der Hund usw.) sein Ebenbild erkannt und ist erst bei genauerer Betrachtung gewahr geworden, daß links und rechts vertauscht sind.

Gegen die letzten Worte wird jeder Mathematiker Einspruch erheben, und doch möchte ich diese Ausdrucksweise für gewisse Fälle verteidigen. Der Mathematiker bedient sich eines Koordinationsystems $X\,Y\,Z$, das er beliebig drehen kann. Mit seiner Hilfe prüft er den Spiegel, also eine Ebene; deshalb legt er zwei Achsen in diese Ebene. Das Bild ist ihm nun durch die Erhaltung dieser beiden Richtungen und die Umkehrung der dritten in allem Wesentlichen beschrieben. Man könnte auch ein feststehendes Koordinatensystem, etwa Oben-Unten, Nord-Süd, Ost-West anwenden. Woher

soll der Unkundige wissen, daß dieses in vielen Fällen zweckmäßige Koordinatensystem in diesem Fall nicht vorteilhaft ist? In den Ausdrücken, die zwischen Ding und Bild die Beziehungen darstellen, würde er eine ungerade Anzahl negativer Vorzeichen finden. In den Fällen aber, wo der Mensch selbst das Ding ist, und diese sind sehr häufig, liegt es ihm am nächsten, das Koordinatensystem anzuwenden, das er mit sich herumträgt: Kopf-Fuß, vorn-hinten, links-rechts. Erlernt ist es ebenso, wie die beiden anderen, und das Erlernen ist stückweise vor sich gegangen. Zuerst hat das Kind Kopf-Fuß, dann vorn-hinten als Gegensätze erfaßt, aber rechts und links zu unterscheiden, lernt mancher sein Leben lang nicht. Die alten Griechen hatten die Kommandos „zur Speerseite!“ (= rechts um!) und „zur Schildseite!“ (= links um!); sicherlich in der Absicht, der Verwechslung von rechts und links vorzubeugen. Blickt man sein Spiegelbild an, so vergleicht man unwillkürlich zunächst Kopf-Fuß, dann vorn-hinten und merkt schließlich, daß zu diesen beiden die Seitenrichtungen nicht passen, sondern vertauscht sind.

Solange der Mensch also selbst Gegenstand der Abbildung ist und sein Eigenbild betrachtet, hat es einen guten Sinn, von der Links-Rechts-Vertauschung im Spiegelbild zu reden. Nur einer beschränkten Zahl von Dingen kann man gleichfalls ein eigenes Koordinatensystem gleicher Art zuordnen, und in der Umgangssprache geschieht dies auch. In vielen Fällen wird der Ausdruck aber unklar; schon, wenn der Vortragende rechts und links sagt, ist der Hörer im Zweifel, ob der Redner sich in ihn hineindenkt oder erwartet, daß er sich in den Vortragenden hineindenke. Allgemein verwendbar ist die Ausdrucksweise also nicht. Es geht aber nicht an, sie als falsch zu verbieten, sondern man muß dem Schüler zeigen, daß ihre Anwendbarkeit beschränkt ist und daß die Erfassung der Sache in allgemeiner Form nicht mit einem Koordinatensystem geschehen kann, das nur für den Menschen als Gegenstand der Betrachtung Sinn hat und bei Anwendung auf andere Gegenstände seinen Sinn einbüßt.

Zur elementaren Behandlung der Gittererscheinungen.

Von Dr. **Antonio Rostagni** in Turin.

Die elementaren Darstellungen der physikalischen Erscheinungen finden ihre Berechtigung nicht nur in der Notwendigkeit, beim Unterricht komplizierte Verhältnisse auch jenen zugänglich zu machen, die beschränkte mathematische Kenntnisse besitzen, sondern auch, und hauptsächlich darin, daß sie eine unmittelbare Einsicht in das Wesen der betrachteten Tatsachen gestatten und einem Bedürfnisse des menschlichen Geistes entsprechen, das nicht immer strengere Behandlungen ebensogut befriedigen.

Möge man nun die elementaren Darstellungen von diesem letzten, allgemeineren Gesichtspunkte aus betrachten, oder sie einfach als bloße Unterrichts-Kunstgriffe ansehen, so sind jedenfalls die Erörterungen zu den Beugungserscheinungen an Gittern, die gewöhnlich in den Lehrbüchern zu finden sind, meines Erachtens nicht besonders befriedigend.

Man pflegt zuerst bekanntlich die Beugung an einem einzigen Spalt zu betrachten. Wenn man später mit mehreren oder selbst mit unendlich vielen ähnlichen Spalten zu tun hat, so kann man leicht nachweisen, daß in den Richtungen, denen ein Gangunterschied einer ganzen Zahl Wellenlängen unter den von zwei benachbarten Spalten ausgesandten Strahlen entspricht, die resultierende Erregung aus der arithmetischen Summe der Amplituden des von den einzelnen Spalten emittierten Lichtes sich ergibt. In diesen Richtungen herrscht demnach volle Lichtstärke, wenn das bei einem einzigen Spalt der Fall ist.

Manche Lehrbücher (z. B. die von Dressel, Lorentz, Bakker u. a.) begnügen sich mit dieser Feststellung; die meisten versuchen weiter den Leser einigermaßen zu

überzeugen, daß in den dazwischenliegenden Richtungen die Helligkeit durch Interferenz bis zu Null herabgesetzt wird. Man benutzt dabei meistens den Kunstgriff, die Spalte paarweise so zu gruppieren, daß zwischen je zwei aufeinanderfolgenden, von den entsprechenden Spalten der Gruppe ausgesandten Strahlen, der Gangunterschied eines ungeraden Vielfachen der halben Wellenlänge besteht. Eine solche Gruppierung ist aber nur dann möglich, wenn die Richtung so gewählt wird, daß der zwei unmittelbar aufeinanderfolgenden Spalten entsprechende Gangunterschied ein Bruch mit geradem Nenner der Wellenlänge ist. Angenähert ist die Gruppierung auch dann noch möglich, wenn der Gangunterschied von irgendeinem Vielfachen der Wellenlänge um einen sehr kleinen Bruch abweicht. Je nach den Lehrbüchern ist entweder das eine oder das andere Verfahren benutzt. RIECKE, GRIMSEHL, MÜLLER-POUILLET u. a. beziehen sich auf Gangunterschiede nach Brüchen mit geradem Nenner; BILLET, CHWOLSON, CHAPPUIS-BERGET, ROITI, PRESTON, OLLIVIER u. a. befolgen den zweiten, von BABINET vorgeschlagenen Weg.

In beiden Fällen kann man jedoch die Unbestimmtheit gar nicht beseitigen, welche in bezug auf die obere Helligkeitsgrenze bei Strahlen besteht, deren Richtung so gewählt ist, daß Gangunterschiede von $\lambda/3$, $2\lambda/5$ usw. auftreten. Das schwächt bedeutend die Überzeugungskraft der elementaren Darstellung, selbst wenn man die Schwierigkeit durch in der Tat nicht gerechtfertigte Kontinuitäts-Nebenbetrachtungen zu beseitigen versucht. Die Ursache der genannten Schwierigkeit ist aber nicht bloß arithmetischer Natur. Sie liegt vielmehr meines Erachtens in der Art und Weise, wie man überhaupt zum Ziele gelangen will, und zwar durch Zurückführung des Problems der Interferenz von N (oder, bei Spalten endlicher Breite, sogar von unendlich vielen) harmonischen Bewegungen auf das Problem der Interferenz nur paarweise gekoppelter Schwingungen.

Man will sich, anders ausgedrückt, nur auf den analytischen Lehrsatz stützen, daß die Resultante zweier harmonischer Schwingungen gleicher Amplitude und Periode und entgegengesetzter Phase, Null ist. Meiner Meinung nach ist es im Gegenteil notwendig von dem allgemeineren Satze auszugehen, daß die Resultante von N gleichen harmonischen Bewegungen, die untereinander um $1/N$ (oder m/N) der Periode in der Phase verschoben sind, ebenfalls immer gleich Null ist. Das ergibt sich unmittelbar aus der bekannten analytischen Formel

$$a\sum_{r=0}^{N-1}\sin\,(x+r\alpha)=a\frac{\sin\dfrac{N\alpha}{2}}{\sin\dfrac{\alpha}{2}}\sin\left\{x+\frac{(N-1)\,\alpha}{2}\right\},$$

wenn man den Ausdruck für die resultierende Amplitude

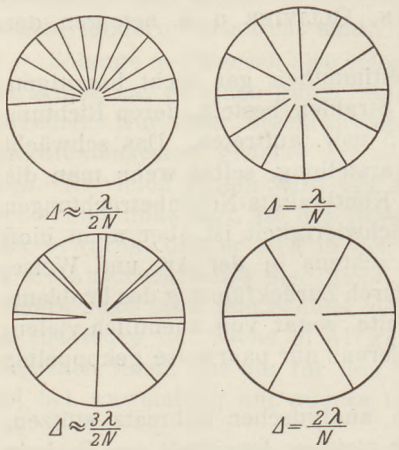
$$A=a\frac{\sin\dfrac{N\alpha}{2}}{\sin\dfrac{\alpha}{2}}$$

in Betracht zieht. Der Satz ist aber auch sofort graphisch nachweisbar durch vektorielle Darstellung der einzelnen Schwingungen. Dadurch kann man die früher erwähnte Schwierigkeit bei der elementaren Darstellung der Gittererscheinungen, wenigstens insoweit sie den dort in Betracht gezogenen Punkt betrifft, völlig beseitigen.

Hier möchte ich aber hauptsächlich die Frage stellen, ob nicht überhaupt die Anwendung der vektoriellen Darstellung der harmonischen Bewegungen, gerade bei der elementaren Behandlung der Gittererscheinungen, als die vorteilhaftere und der physikalischen Wirklichkeit besser entsprechende Methode zu empfehlen ist.

Es falle auf ein Gitter mit einer großen Zahl N von Spalten ein Bündel monochromatisches paralleles Licht senkrecht auf, und es sei a die Amplitude des hinter dem Gitter nach der mit der Normalen einen Winkel ϑ einschließenden Richtung

von jedem einzelnen Spalt gebeugten Lichtes. Die Amplitude a ist von der Breite der Spalte und von der Neigung ϑ in bekannter Weise abhängig. Wir wollen uns vorläufig nur auf die Betrachtung sehr schmaler Spalte beschränken; dann nimmt einfach die Amplitude a mit wachsender Neigung der Strahlen kontinuierlich ab. Diese Abnahme der Amplitude hat aber offenbar keinen Einfluß auf die Lage der Nullminima der Helligkeit, welche ihr Entstehen besonderen Interferenzverhältnissen verdanken, die nur von der Neigung abhängen. Und da es sich im wesentlichen darum handelt, dem Lernenden gerade diese Verhältnisse klarzumachen und den Zusammenhang zwischen den im Beugungsfelde auftretenden Helligkeitsschwankungen und den in den verschiedenen Richtungen sich ergebenden, ebenfalls verschiedenen Phasendifferenzen unter den interferierenden Strahlen, so kann mann ruhig a als konstant zwischen je zwei oder auch zwischen mehreren aufeinanderfolgenden Nullminima betrachten. Diese für die nachfolgende Darstellung jedenfalls nicht wesentliche Annäherung erleichtert bedeutend die elementare Behandlung des Problems.



Das von sämtlichen N Spalten nach der beliebigen, in Betracht gezogenen Richtung gebeugte Licht, welches im Beobachtungs-Fernrohr vereinigt wird, läßt sich durch N Vektoren gleicher Amplitude a darstellen, die je den gleichen Winkel α miteinander bilden und zusammen um einen festen Punkt gleichförmig rotieren. Die Amplitude der für die betrachtete Richtung resultierenden Erregung ergibt sich aus der unveränderlichen Resultante dieses rotierenden Vektorensystems.

Für eine senkrecht zu dem Gitter stehende Beobachtungsrichtung ($\vartheta = 0$) ist α ebenfalls gleich Null. Sämtliche N Vektoren sind gleichgerichtet, und die resultierende Amplitude ist $A_0 = Na$ (zentrales Hauptmaximum). Wird nun die Beobachtungsrichtung allmählich geändert, so entstehen Phasenverschiebungen unter den N Vektoren, und diese breiten sich fächerartig über einen Winkel φ aus. Jeder Vektor behält dabei, der gemachten Annäherung entsprechend, noch die Anfangsamplitude a und bildet mit dem darauffolgenden den Winkel $\alpha = \varphi / N$. Die Resultante nimmt somit bei wachsender Neigung allmählich ab; sie verschwindet, wenn α einen solchen Wert annimmt, daß $\varphi = 2\pi$ wird und die N Vektoren gleichmäßig über einen ganzen Kreis sich ausbreiten. Dann beträgt der Gangunterschied Δ benachbarter Strahlen offenbar $\Delta = \lambda / N$; es entsteht das erste Nullminimum.

Bei weiter wachsender Neigung divergieren die N Vektoren noch mehr und sie beginnen den Kreis das zweite Mal zu überdecken. Die Resultante nimmt dabei wieder zu und sie erreicht ein Maximum A_1 ungefähr[1] für $\varphi = 3\pi$, d. h. wenn $\alpha = 3\pi / N$ und $\Delta = 3\lambda / 2N$ wird (erstes Sekundär-Maximum). Wenn nun, bei einer noch größeren Neigung der Beobachtungsrichtung, die N Vektoren den ganzen Kreis zum zweiten Male völlig überdecken, so ist ein zweites Nullminimum erreicht. Es ist dann genau $\varphi = 4\pi$, $\alpha = 4\pi / N$, $\Delta = 2\lambda / N$. Weitere Nullminima findet man nach demselben Verfahren für genau $\Delta = 3\lambda / N$, $4\lambda / N$, usw. Analog ergeben sich sekundäre Maxima A_2, A_3, . . . , ungefähr für $\Delta = 5\lambda / 2N$, $7\lambda / 2N$ usw.

[1] Wir sagen ungefähr, weil in der Tat, selbst bei konstantem a, das Maximum A_r bei einem etwas kleineren, der entsprechenden Wurzel der Gleichung $\frac{dA}{d\alpha} = 0$ gleichen Werte von α auftreten muß. Für die qualitative Beschreibung ist jedoch die geringe Abweichung unbedeutend. Das gilt auch für die darauffolgenden sekundären Maxima und ebenfalls für die Festsetzung der Größenordnung der entsprechenden Amplituden.

Die Amplitude A_1 des ersten sekundären Maximums ergibt sich offenbar angenähert aus der Resultante von $N/3$, über 180^0 gleichförmig verteilten Vektoren mit der Amplitude a. Das entsprechende Polygon kann wohl durch einen Halbkreis derselben Länge $Na/3$ ersetzt werden. Der Durchmesser dieses Halbkreises stellt dann die gesuchte resultierende Amplitude dar. Es ist folglich angenähert $A_1 \approx \frac{Na}{3}\frac{2}{\pi}$, und die wiederholte Anwendung desselben Verfahrens führt ganz analog zu den Werten $A_2 \approx \frac{Na}{5}\frac{2}{\pi}$, $A_3 \approx \frac{Na}{7}\frac{2}{\pi}$ usw. Die Amplituden der beiderseits vom ersten Hauptmaximum auftretenden sekundären Maxima stehen folglich mit der Amplitude desselben in den Verhältnissen $\frac{A_1}{A_0} \approx \frac{2}{3\pi}$, $\frac{A_2}{A_0} \approx \frac{2}{5\pi}$ usw.; woraus die wichtige und bei elementaren Darstellungen gewöhnlich außer acht gelassene Eigenschaft sich ergibt, daß diese Verhältnisse von der Zahl N der Spalte unabhängig sind, zum mindesten für großes N.

Die periodische und singularitätsfreie Änderung der Helligkeit in der Nähe des zentralen Hauptmaximums ergibt sich ersichtlicherweise ungezwungen und deutlich bei Anwendung der hier vorgeschlagenen vektoriellen Darstellungsmethode. Wenn Δ mit wachsender Neigung ϑ sich endlich dem Werte $\lambda/2$ ($^N/_2$tes Nullminimum) immer mehr nähert, so nimmt jedenfalls die Zahl der Vektoren, welche die Amplitude A_r der sekundären Maxima bestimmen, so stark ab, daß zur Berechnung von A_r das angegebene Verfahren nicht mehr angewendet werden darf. Jenseits des $^N/_2$ten Nullminimums wird aber die Annäherung wieder brauchbar. Die Zahl der die Maxima bestimmenden Vektoren nimmt dann symmetrisch wieder zu, und dasselbe geschieht mit der Maximalamplitude, bis der Gangunterschied $\Delta = \lambda$ erreicht wird. Sämtliche N Vektoren haben in diesem Falle wieder dieselbe Richtung wie beim zentralen Hauptmaximum: das Beugungsmaximum erster Ordnung ist erreicht. Die entsprechende Amplitude kann noch durch $A = Na = A_0$ dargestellt werden, wenn man bei einer ersten Annäherung die Abnahme von a mit wachsender Neigung nicht berücksichtigen will.

Ganz analoge Betrachtungen lassen sich anstellen in bezug auf die, bei noch größeren Neigungen und $\Delta = k\lambda$, auftretenden Beugungsmaxima der Ordnung k. Die Stellung eines jeden dieser Maxima inmitten einer beiderseits sich erstreckenden Folge von Nullminima (die für $\Delta = k\lambda \pm \frac{m\lambda}{N}$ auftreten und sekundäre Maxima, mit zuerst ab- und dann zunehmender Amplitude einschließen) kann somit durch das geometrische Verfahren in einfachster Weise dargelegt werden. Die Abnahme der Amplitude a der einzelnen interferierenden Strahlen mit der Neigung ändert nichts an dem Bild der Erscheinung. Die Lage der Beugungs-Hauptmaxima und sämtlicher Nullminima ist davon unabhängig; nur bei der Darstellung der Intensitätsverhältnisse in weiten Neigungsbereichen muß die Abnahme von a berücksichtigt werden.

Aufgaben über Stromverzweigungen.

Von **E. Hensel** in Villingen.

Die im folgenden behandelten Aufgaben sind als Vorlage für Schülerübungen gedacht. Jeder Aufgabe geht ein theoretischer Teil voraus. Die Grundgesetze der Stromverzweigung werden als bekannt angenommen.

I[1].

Zwei- und dreiteilige Stromverzweigungen können in der Weise hergestellt werden, daß man n gleiche Widerstände r in zwei bzw. drei Gruppen ordnet und die in

[1] Vgl. R. WEBER, Beispiele und Übungen aus Elektrizität und Magnetismus. B. G. Teubner 1910, S. 214 u. ff.

jeder Gruppe enthaltenen Widerstände parallel oder hintereinander schaltet. Jede dieser Gruppen bildet dann einen Zweig der gedachten Verzweigung.

a) Zwei Gruppen mit x bzw. y dieser Widerstände in Parallelschaltung. Die erste Gruppe hat den Widerstand $\frac{r}{x} = r_1$, die zweite Gruppe $\frac{r}{y} = r_2$. Die Schaltung ist gleichwertig derjenigen, die man erhält, wenn man sämtliche n Widerstände parallel schaltet, so daß man nicht zwei, sondern n Zweige hat mit dem Gesamtwiderstand $R = \frac{r}{n}$. Diesem entspricht demnach der Widerstand der zweiteiligen Verzweigung

$$R = \frac{r_1 r_2}{r_1 + r_2}.$$

Setzt man die für r_1 und r_2 aufgestellten Werte ein, dann ergibt sich in der Tat

$$R = \frac{r}{x+y} = \frac{r}{n}.$$

Ferner verhält sich $r_1 : r_2 = \frac{1}{x} : \frac{1}{y} = y : x$.

Die Leitfähigkeiten der Zweige und damit die Stromstärken in diesen verhalten sich umgekehrt, also

$$i_1 : i_2 = x : y.$$

Ist bei dem Gesamtstrom i der Strom in dem einen der n Zweige von der Stärke $\frac{i}{n}$, dann hat der Strom in der Gruppe x die Stärke

$$i_1 = \frac{x}{x+y} i,$$

in der Gruppe y die Stärke $\quad i_2 = \frac{y}{x+y} i.$

Die Summe dieser Teilwerte ist gleich i.

b) Zwei Gruppen mit x bzw. y Widerständen in Hintereinanderschaltung. Der Widerstand der ersten Gruppe ist $x r = r_1$, der zweiten Gruppe $y r = r_2$. Der Gesamtwiderstand ist

$$R = \frac{r_1 r_2}{r_1 + r_2} = \frac{x y}{x+y} r.$$

Ferner hat man

$$r_1 : r_2 = x : y,$$

$$i_1 : i_2 = \frac{1}{x} : \frac{1}{y} = y : x,$$

$$i_1 = \frac{y}{x+y} i,$$

$$i_2 = \frac{x}{x+y} i.$$

c) Drei Gruppen mit x, y bzw. z Widerständen in Parallelschaltung. Es ist

$$\frac{r}{x} = r_1, \quad \frac{r}{y} = r_2, \quad \frac{r}{z} = r_3, \quad R = \frac{r}{x+y+z} = \frac{r}{n}.$$

$$r_1 : r_2 : r_3 = \frac{1}{x} : \frac{1}{y} : \frac{1}{z} = y z : x z : x y,$$

$$i_1 : i_2 : i_3 = x : y : z,$$

$$i_1 = \frac{x}{x+y+z} i, \qquad i_2 = \frac{y}{x+y+z} i, \qquad i_3 = \frac{z}{x+y+z} i.$$

d) Drei Gruppen mit x, y bzw. z Widerständen in Hintereinanderschaltung:

$$x r = r_1, \quad y r = r_2, \quad z r = r_3, \quad R = \frac{x y z}{x y + x z + y z} r.$$

$$r_1 : r_2 : r_3 = x : y : z,$$

$$i_1 : i_2 : i_3 = \frac{1}{x} : \frac{1}{y} : \frac{1}{z} = y z : x z : x y,$$

$$i_1 = \frac{y z}{y z + x z + x y} i,$$

$$i_2 = \frac{x z}{y z + x z + x y} i,$$

$$i_3 = \frac{x y}{y z + x z + x y} i.$$

Die vier beschriebenen Stromverzweigungen lassen sich mit einem Apparat herstellen, der in Fig. 1a und 1b schematisch gezeichnet ist, und zwar stellt Fig. 1a die Verhältnisse bei Parallelschaltung, Fig. 1b diejenigen bei Hintereinanderschaltung in den Zweigen dar, bei Annahme einer dreiteiligen Verzweigung. Der eine oder der andere

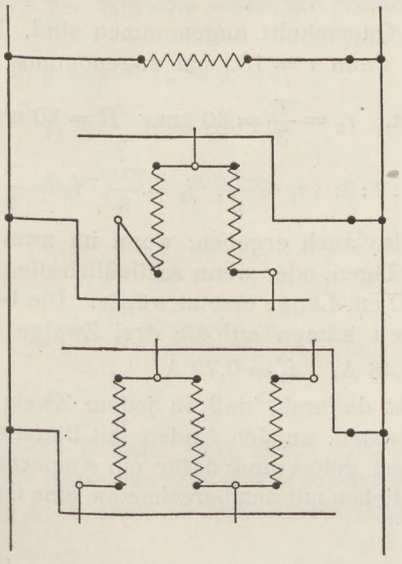


Fig. 1a.

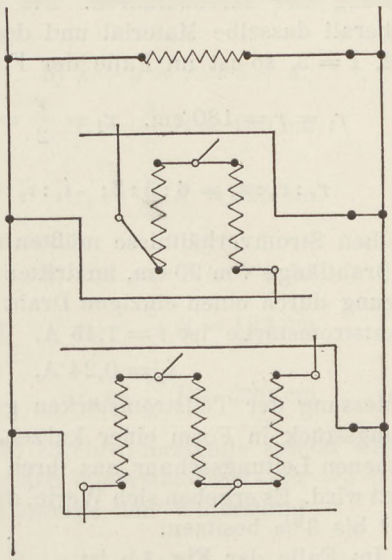


Fig. 1b.

Zweig kann aber leicht ausgeschaltet werden, so daß man die einfacheren Verhältnisse einer zweiteiligen Verzweigung erhält. Es sind 6 gleiche Widerstände angenommen. Im ersten Zweig liegt einer derselben, im zweiten zwei, im dritten drei. Näheres über die Ausführung solcher Schaltungen mit einfachen Mitteln findet man bei C. HEIM, ds. Zeitschr. 8, S. 199 u. ff. Die von mir verwendeten Widerstände bestehen aus 180 cm langen Drahtstücken aus Manganin mit einem Durchmesser von 0,25 mm. Die Längen werden von den Schülern möglichst genau abgemessen und auf Papprollen aufgewickelt. Die ebenfalls gemessenen Verlängerungen werden um kurze, dicke Kupferdrähte gewickelt und verlötet. Letztere werden in die Papprolle gesteckt, und der noch hervorstehende Teil (Fig. 2a) wird mit einer Leitungsschnur verlötet, die am anderen Ende einen Bananenstecker trägt. Mit diesen Steckern wird die Widerstandsrolle in passende Buchsen (in Fig. 1a und 1b durch schwarze Punkte angedeutet) des Schaltbrettes eingesetzt. Die Verwendung von Bananenstecker und Steckbuchse an Stelle der gebräuchlichen Verbindungsklemmen lohnt sich fast überall. Sie sind praktischer

und billiger. Die soeben beschriebene behelfsmäßige Ausführung einer Widerstandsrolle kann durch die in Fig. 2b dargestellte ersetzt werden. Hier ist der Draht bifilar auf einen paraffinierten, hohlen Holzzylinder gewickelt, der beiderseits mit einem quadratisch zugeschnittenen Stirnbrettchen versehen ist. Eine Holzschraube auf der Oberseite desselben verbindet das Ende des Meßdrahtes mit einem dicken Kupferdraht, der seinerseits mit einem auf der Unterseite eingeschraubten Bananenstecker verlötet ist. So kann die Widerstandsrolle selbst in die Buchsen des Schaltbrettes gesteckt werden. Diese Modifikation erlaubt ein rascheres Arbeiten; im wesentlichen findet man sie bei H. HAHN, Handbuch für physikalische Schülerübungen, 2. Aufl., S. 341.

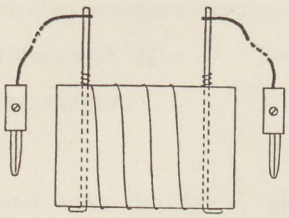


Fig. 2a.

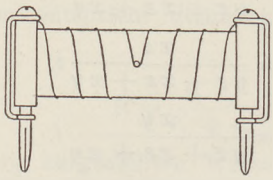


Fig. 2b.

Die folgende Rechnung bzw. Messung bezieht sich auf den Fall der Parallel- und Hintereinanderschaltung in den Zweigen einer dreiteiligen Verzweigung. Es erübrigt sich, auch für die anderen angeführten Fälle eine solche Rechnung hier durchzuführen. Die Widerstände verhalten sich wie die Drahtlängen, da überall dasselbe Material und derselbe Querschnitt angenommen sind. Da $x = 1$, $y = 2$, $z = 3$, so ist im Falle der Fig. 1a, wenn $r = 180$ cm angenommen wird,

$$r_1 = r = 180 \text{ cm}, \quad r_2 = \frac{r}{2} = 90 \text{ cm}, \quad r_3 = \frac{r}{3} = 60 \text{ cm}, \quad R = 30 \text{ cm}.$$

$$r_1 : r_2 : r_3 = 6 : 3 : 2; \quad i_1 : i_2 : i_3 = 1 : 2 : 3; \quad i_1 = \frac{i}{6}, \quad i_2 = \frac{i}{3}, \quad i_3 = \frac{i}{2}.$$

Dieselben Stromverhältnisse müßten sich also auch ergeben, wenn im zweiten Zweig eine Drahtlänge von 90 cm, im dritten 60 cm lägen, oder wenn schließlich die ganze Verzweigung durch einen einzigen Draht von 30 cm Länge ersetzt würde. Die beobachtete Gesamtstromstärke ist $i = 1{,}45$ A. Demnach kämen auf die drei Zweige die Werte

$$i_1 = 0{,}24 \text{ A}, \quad i_2 = 0{,}48 \text{ A}, \quad i_3 = 0{,}72 \text{ A}.$$

Die Messung der Teilstromstärken geschieht dadurch, daß in jedem Zweig ein Verbindungsstück in Form einer kurzen, biegsamen, an den Enden mit Bananensteckern versehenen Leitungsschnur aus ihren Buchsen gelöst und dafür ein Amperemeter eingesetzt wird. Es ergeben sich Werte, die verglichen mit den berechneten, eine Genauigkeit von 2 bis 3 % besitzen.

Im Falle der Fig. 1b ist

$$r_1 = r = 180 \text{ cm}, \quad r_2 = 2r = 360 \text{ cm}, \quad r_3 = 3r = 540 \text{ cm}, \quad R = \frac{6}{11} \cdot 180 \text{ cm} = 98{,}18 \text{ cm}.$$

$$r_1 : r_2 : r_3 = 1 : 2 : 3; \quad i_1 : i_2 : i_3 = 6 : 3 : 2;$$

$$i_1 = \frac{6}{11} i, \quad i_2 = \frac{3}{11} i, \quad i_3 = \frac{2}{11} i.$$

Beobachtet wurde $i = 0{,}43$ A. Demnach $i_1 = 0{,}234$ A, $i_2 = 0{,}117$ A, $i_3 = 0{,}078$ A. Auch hier ergibt die Nachprüfung durch Messung gute Übereinstimmung.

II.

Einen gegebenen Widerstand R kann man durch beliebig viele zwei- und dreiteilige Verzweigungen ersetzen ohne Änderung der Stromstärke. Denkt man sich R zunächst ersetzt durch eine Verzweigung aus n gleichen Widerständen r, so ist $R = \frac{r}{n}$ oder $r = nR$. Jeder Zweig muß also einen Widerstand haben, der n mal so groß ist wie der Widerstand R, der ersetzt werden soll. Faßt man die n Zweige in zwei

Gruppen zu je x bzw. y Zweigen zusammen, so daß die n-teilige Verzweigung in eine zweiteilige vereinfacht ist, dann hat die Gruppe x den Widerstand

$$\frac{x+y}{x} R = r_1,$$

die Gruppe y

$$\frac{x+y}{y} R = r_2.$$

Der Widerstand der neuen Verzweigung ist $R = \frac{r_1 r_2}{r_1 + r_2}$, was durch Einsetzen der für r_1 und r_2 gefundenen Werte bestätigt wird. Je nach Wahl der Zahlen x und y erhält man beliebig viele zweiteilige Verzweigungen mit demselben Wert R.

Beispiele:

1. $R = 90$ cm.

a) $x + y = 8 = 5 + 3$.

$$r_1 = \frac{x+y}{x} R = \frac{8}{5} R = 144 \text{ cm},$$

$$r_2 = \frac{x+y}{y} R = \frac{8}{3} R = 240 \text{ cm}.$$

b) $x + y = 11 = 6 + 5$,

$$r_1 = \frac{11}{6} R = 165 \text{ cm},$$

$$r_2 = \frac{11}{5} R = 198 \text{ cm}.$$

2. $R = 100$ cm.

a) $x + y = 12 = 8 + 4$,

$$r_1 = \frac{3}{2} R = 150 \text{ cm},$$

$$r_2 = 3\,R = 300 \text{ cm}.$$

b) $x + y = 9 = 5 + 4$,

$$r_1 = \frac{9}{5} R = 180 \text{ cm},$$

$$r_2 = \frac{9}{4} R = 225 \text{ cm}.$$

3. $R = 120$ cm.

a) $x + y = 15 = 9 + 6$,

$$r_1 = \frac{15}{9} R = 200 \text{ cm},$$

$$r_2 = \frac{15}{6} R = 300 \text{ cm}.$$

b) $x + y = 8 = 5 + 3$,

$$r_1 = \frac{8}{5} R = 192 \text{ cm},$$

$$r_2 = \frac{8}{3} R = 320 \text{ cm}.$$

Ein Widerstand R kann auch durch drei passende Zweigwiderstände ersetzt werden. Ist die Anzahl derselben zunächst n, so hat ein Zweig den Widerstand $n\,R = (x + y + z)\,R$. Also haben x zu einer Gruppe zusammengefaßte Zweige den Widerstand

$$r_1 = \frac{x+y+z}{x} R,$$

y zusammmengefaßte

$$r_2 = \frac{x+y+z}{y} R,$$

die restlichen z

$$r_3 = \frac{x+y+z}{z} R.$$

Beispiele.

4. $R = 60$ cm.

a) $x + y + z = 12 = 5 + 4 + 3$.

$$r_1 = \frac{12}{5} R = 144 \text{ cm},$$

$$r_2 = \frac{12}{4} R = 180 \text{ cm},$$

$$r_3 = \frac{12}{3} R = 240 \text{ cm}.$$

b) $x + y + z = 15 = 6 + 5 + 4$.

$$r_1 = \frac{15}{6} R = 150 \text{ cm},$$

$$r_2 = \frac{15}{5} R = 180 \text{ cm},$$

$$r_3 = \frac{15}{4} R = 225 \text{ cm}.$$

Zur Ausführung der Versuche wählt man ein Brettchen (Fig. 3), auf dem im Abstand der Länge einer Widerstandsrolle zwei Reihen Steckbuchsen befestigt sind, die jeweils unter sich und mit einer weiteren Steckbuchse für den Stromanschluß leitend verbunden sind. Die Zahl der Steckbuchsenpaare richtet sich nach der Anzahl der gewünschten Stromzweige. Aus den obigen Zahlenbeispielen lassen sich nämlich sehr leicht auch mehrteilige Verzweigungen ableiten als Ersatz für denselben ungeteilten Widerstand R. Aus Beispiel 4a folgt unmittelbar, daß 30 cm einer Verzweigung aus 72, 90 und 120 cm gleichwertig sind, in schematischer Schreibweise:

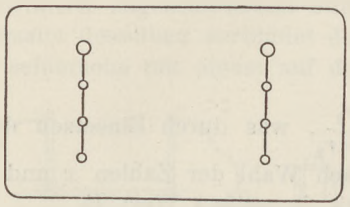


Fig. 3.

$$\left|\begin{matrix}72\\90\\120\end{matrix}\right| = 30 \text{ cm}.$$

Ebenso folgt aus 1a:

$$\left|\begin{matrix}48\\80\end{matrix}\right| = 30 \text{ cm},$$

daher auch, wenn wir diese abgekürzte Darstellung auch weiterhin bevorzugen,

$$\left|\begin{matrix}48\\\\80\end{matrix}\right| = \left|\begin{matrix}72\\90\\120\end{matrix}\right| = 30 \text{ cm}.$$

Wendet man die vorausgegangenen Rechenschematismen wiederholt an, so erhält man weiterhin

$$\left|\begin{matrix}108\\144\\216\end{matrix}\right| = 48 \text{ cm} \quad \text{und} \quad \left|\begin{matrix}160\\240\\480\end{matrix}\right| = 80 \text{ cm}, \quad \text{daher}$$

$$\left|\begin{matrix}48\\\\80\end{matrix}\right| = \left|\begin{matrix}108\\144\\160\\216\\240\\480\end{matrix}\right| = 30 \text{ cm}.$$

Ferner ist

$$\left|\begin{matrix}120\\180\end{matrix}\right| = 72 \text{ cm}, \quad \left|\begin{matrix}144\\240\end{matrix}\right| = 90 \text{ cm}, \quad \left|\begin{matrix}216\\270\end{matrix}\right| = 120 \text{ cm}, \text{ folglich}$$

$$\left|\begin{matrix}48\\80\end{matrix}\right| = \left|\begin{matrix}72\\90\\120\end{matrix}\right| = \left|\begin{matrix}120\\144\\180\\216\\240\\270\end{matrix}\right| = \left|\begin{matrix}108\\144\\160\\216\\240\\480\end{matrix}\right| = 30 \text{ cm}.$$

III.

Es sei $$r = \frac{r_1 r_2}{r_1 + r_2}.$$

Setzt man für jeden Zweigwiderstand das n-fache, dann wird auch r n-mal so groß, das Verhältnis der Teilwiderstände bleibt jedoch unverändert. Bezeichnet man die neuen Zweigwiderstände entsprechend mit R_1 und R_2 und den ihnen gleichwertigen Widerstand mit

$$R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2},$$

dann ist, da $R_1 = n r_1$, $R_2 = n r_2$ $R = n r$ oder $n = \frac{R}{r}$,

$$R_1 = \frac{R}{r} r_1, \qquad R_2 = \frac{R}{r} r_2 \quad \ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

Sind die Zusätze zu r_1 und r_2, die erforderlich sind, um letztere auf den n-fachen Wert zu bringen, r'_1 bzw. r'_2, so ist andererseits auch

$$R_1 = r_1 + r'_1 \quad \text{und} \quad R_2 = r_2 + r'_2 \quad \ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

und ebenso, wenn r' der Zusatz zu r ist, damit $n r = R$ wird,

$$R = r + r'.$$

Aus (1) und (2) folgt:

$$r_1 + r'_1 = \frac{R}{r} r_1, \qquad r_2 + r'_2 = \frac{R}{r} r_2,$$

$$r'_1 = \frac{R - r}{r} r_1 = \frac{r'}{r} r_1, \qquad r'_2 = \frac{R - r}{r} r_2 = \frac{r'}{r} r_2.$$

Die zuletzt erhaltenen Werte erfüllen aber die Gleichung

$$r' = \frac{r'_1 r'_2}{r'_1 + r'_2},$$

was besagt, daß der Zusatzwiderstand r' ersetzt werden kann durch eine Verzweigung, bestehend aus den Zusatzwiderständen r'_1 und r'_2.

Es bestehen daher folgende Beziehungen zu Recht:

$$r = \frac{r_1 r_2}{r_1 + r_2}, \qquad r' = \frac{r'_1 r'_2}{r'_1 + r'_2}, \qquad R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}, \text{ wobei}$$

$$R_1 = r_1 + r'_1,$$
$$R_2 = r_2 + r'_2,$$
$$R = r + r'.$$

Sind daher in einem Stromkreis zwei zweiteilige Stromverzweigungen r und r' hintereinander geschaltet, so kann man sie durch eine einzige R dadurch ersetzen, daß man die entsprechenden Zweige addiert. Dies jedoch unter der Bedingung, daß

$$r'_1 = \frac{r'}{r} r_1 \quad \text{und} \quad r'_2 = \frac{r'}{r} r_2 \quad \text{oder}$$

$$r'_1 : r_1 = r'_2 : r_2 = r' : r$$

d. h. die entsprechenden Zweigwiderstände müssen sich gleich verhalten uud zwar wie die Widerstände der beiden Verzweigungen. Fig. 4 gibt eine Darstellung dieser Verhältnisse. Hierfür ein Zahlenbeispiel:

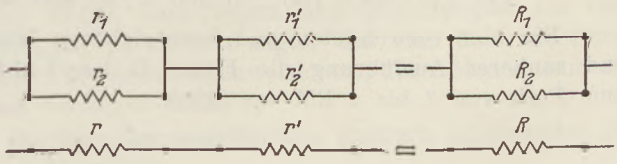


Fig. 4.

$$\begin{vmatrix} 144 \\ 240 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} 48 \\ 80 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 192 \\ 320 \end{vmatrix}$$

$$90 + 30 = 120\ \text{cm},$$

denn

$$144 : 48 = 240 : 80 = 90 : 30.$$

Umgekehrt läßt sich auch sagen: Man kann die Zweige einer zweiteiligen Verzweigung teilen und aus den entsprechenden Teilen zwei neue Verzweigungen herstellen, durch deren Hintereinanderschaltung der Strom unverändert bleibt. Die Teilung darf jedoch nicht willkürlich erfolgen, sondern so, daß die neuen Zweigwiderstände ein gegebenes Verhältnis haben. Verfährt man demgemäß, dann ergibt sich, daß auch die Verzweigungswiderstände dieses Verhältnis haben und zur Summe den Widerstand der gegebenen Verzweigung ergeben.

Es sollen z. B. die Zweige der Verzweigung

$$\left|\begin{matrix}180\\225\end{matrix}\right| = 100 \text{ cm}$$

im Verhältnis 2:3 geteilt und aus den Teilen zwei neue Verzweigungen in Hintereinanderschaltung gebildet werden. Man findet

$$\left|\begin{matrix}180\\225\end{matrix}\right| = \left|\begin{matrix}72\\90\end{matrix}\right| + \left|\begin{matrix}108\\135\end{matrix}\right|,$$

$$100 = 40 + 60 \text{ cm}.$$

Gleichzeitig ist auch $40:60 = 2:3$.

Analoge Überlegungen, die hier im einzelnen übergangen sein sollen, führen zu dem Ergebnis, daß auch drei und mehr Verzweigungen derselben Art (zwei- und mehrteilige) unter den gleichen Bedingungen addiert bzw. umgekehrt in additive Komponenten zerlegt werden können ohne Änderung der Stromstärke.

Beispiele:

1.
$$\left|\begin{matrix}200\\300\end{matrix}\right| + \left|\begin{matrix}150\\225\end{matrix}\right| + \left|\begin{matrix}100\\150\end{matrix}\right| = \left|\begin{matrix}450\\675\end{matrix}\right|,$$

$$120 + 90 + 60 = 270 \text{ cm}.$$

$$200:150:100 = 300:225:150 = 120:90:60 = 4:3:2.$$

2.
$$\left|\begin{matrix}144\\180\\240\end{matrix}\right| + \left|\begin{matrix}72\\90\\120\end{matrix}\right| = \left|\begin{matrix}216\\270\\360\end{matrix}\right|,$$

$$60 + 30 = 90 \text{ cm},$$

$$144:72 = 180:90 = 240:120 = 60:30 = 2:1$$

3.
$$\left|\begin{matrix}60\\100\\150\end{matrix}\right| + \left|\begin{matrix}120\\200\\300\end{matrix}\right| + \left|\begin{matrix}180\\300\\450\end{matrix}\right| = \left|\begin{matrix}360\\600\\900\end{matrix}\right|$$

$$30 + 60 + 90 = 180 \text{ cm},$$

$$60:120:180 = 100:200:300 = 150:300:450 = 30:60:90 = 1:2:3.$$

4.
$$\left|\begin{matrix}144\\180\\240\end{matrix}\right| + \left|\begin{matrix}216\\270\\360\end{matrix}\right| + \left|\begin{matrix}288\\360\\480\end{matrix}\right| = \left|\begin{matrix}648\\810\\1080\end{matrix}\right|,$$

$$60 + 90 + 120 = 270 \text{ cm}$$

$$144:216:288 = 180:270:360 = 240:360:480 = 60:90:120 = 2:3:4.$$

Die hier verwendeten und beschriebenen Widerstandsrollen liefert in präziser und sauberer Ausführung die Firma E. Leybolds Nachf. A.-G. in Köln-Bayental zum Preis von 3 bis 4 RM das Stück.

Ein Beitrag zur kapazitiven Kopplung zweier elektrischer Schwingungskreise.

Von Dr. **Ludwig Bergmann** in Breslau.

Bei Gelegenheit einer Vorlesung über Schwingungsprobleme in der Physik fiel mir bei der Berechnung der Kopplungsfrequenzen zweier gleicher, durch eine elastische Feder gekoppelter Pendel (Fig. 1) auf, daß von den beiden sich ergebenden Kopplungsfrequenzen

$$\omega_I = \sqrt{\frac{g}{l}} \quad \text{und} \quad \omega_{II} = \sqrt{\frac{g}{l} + \frac{2E}{m}}\,*$$

* Siehe z. B. Cl. SCHAEFER: Einführung in die theoretische Physik Bd. I (3. Aufl.), S. 302.

die eine ω_I völlig übereinstimmt mit der Eigenfrequenz ω_0 eines einzelnen freischwingenden Pendels, die bekanntlich gegeben ist durch die Beziehung $\omega_0 = \sqrt{\frac{g}{l}}$* ($g$ = Schwerebeschleunigung, l = Pendellänge). Auf Grund der allgemeinen Theorie gekoppelter Schwingungen erwartet man zunächst, daß von den beiden Kopplungsschwingungen die eine unterhalb, die andere oberhalb der ursprünglich gleichen Frequenzen der beiden Einzelsysteme liegen würde. Dies ist in der Tat auch bei dem vorliegenden Problem der Fall. Die Eigenfrequenz ω_0 der beiden Pendel wird nämlich durch die Anbringung der Kopplungsfeder vergrößert. Zu der zurücktreibenden Kraft $mg\varphi$ beim freischwingenden Pendel kommt im Falle der Kopplung durch eine elastische Feder noch der Ausdruck $El\varphi$ hinzu, worin E eine durch die Natur der Feder bestimmte Konstante bedeutet. Dadurch tritt an Stelle der ursprünglichen Eigenfrequenz ω_0 die jetzt vergrößerte Eigenfrequenz

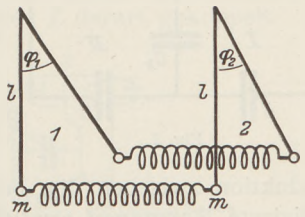


Fig. 1.

$$\omega' = \sqrt{\frac{g}{l} + \frac{E}{m}}$$

die auch sofort in Erscheinung tritt, wenn man z. B. Pendel 2 festhält und nur Pendel 1 schwingen läßt.

Führt man in die oben angegebenen Ausdrücke für die Kopplungsschwingungen ω' ein, so kann man schreiben:

$$\omega_{I,II}^2 = \omega'^2 \mp \frac{E}{m}; \qquad \omega_I = \omega' \sqrt{1 - \frac{E}{\omega'^2 m}}; \qquad \omega_{II} = \omega' \sqrt{1 + \frac{E}{\omega'^2 m}}.$$

Hier ist jetzt $\frac{E}{\omega'^2 m}$ der Kopplungsfaktor. Bezeichnet man ihn mit k, so kann man unter Benutzung der Beziehung $\omega'^2 = \frac{g}{l} + \frac{E}{m}$ dafür schreiben:

$$k = \frac{El}{mg + El} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

Aus dem vorliegenden geht also klar hervor, daß auch bei der elastischen Kopplung zweier gleicher Pendel die beiden auftretenden Kopplungsfrequenzen unterhalb und oberhalb einer Frequenz ω' liegen, die man als die eigentliche Eigenfrequenz der beiden Pendel im Falle der Kopplung durch die Feder anzusehen hat. Eine Veränderung der Kopplung etwa durch Vergrößern oder Verkleinern von k bewirkt nur eine Veränderung von ω_{II}, während ω_I stets konstant gleich ω_0 bleibt.

Ich suchte nun im Anschluß hieran nach einem analogen Beispiel aus dem Gebiete der elektrischen Schwingungen, da ich mir sagte, daß man dort mit einem Wellenmesser leicht die verschiedenen Frequenzen nachweisen und durch Meßinstrumente den jeweiligen Schwingungszustand verfolgen kann.

Die Bewegungsgleichungen für die oben angeführten, elastisch miteinander gekoppelten, gleichen Pendel lauten bekanntlich:

$$\begin{aligned} ml\frac{d^2\varphi_1}{dt^2} + mg\varphi_1 + El(\varphi_1 - \varphi_2) &= 0 \\ ml\frac{d^2\varphi_2}{dt^2} + mg\varphi_2 + El(\varphi_2 - \varphi_1) &= 0 \end{aligned} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

Man erkennt, daß die Kopplungskraft proportional der Differenz der Schwingungsamplituden ist (Fall der Kraftkopplung). Den analogen Fall stellt bei den elektrischen

* Mit ω ist hier und im folgenden stets die sogenannte Kreisfrequenz gemeint, die mit der Schwingungszahl n pro Sekunde durch die Beziehung $\omega = 2\pi n$ verknüpft ist.

Schwingungen die kapazitive Kopplung zweier Schwingungskreise dar. Diese kapazitive Kopplung wird in den Lehrbüchern meistens etwas stiefmütterlich behandelt, was wohl daher rührt, daß bei der praktischen Hochfrequenztechnik die induktive Kopplung die vorherrschende ist. Dagegen hat aber die kapazitive Kopplung gerade für den Unterricht den großen Vorteil, daß sich die Übereinstimmung zwischen Rechnung und Experiment bequem verfolgen läßt, da der Kopplungsfaktor, wie weiter unten gezeigt wird, sich als Quotient zweier Kapazitätswerte ergibt, also jederzeit zahlenmäßig angebbar ist, während bei der meist angeführten induktiven Kopplung der Kopplungsfaktor die gegenseitige Selbstinduktion zwischen den beiden Schwingungskreisen enthält, die sich nur durch komplizierte Messungen ermitteln läßt.

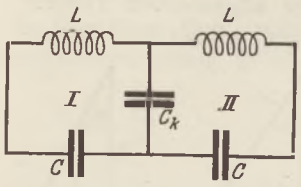


Fig. 2.

Das Schaltbild für die kapazitive Kopplung zweier Schwingungskreise ist in Fig. 2 dargestellt. Die beiden Kreise mit den gleichen Selbstinduktionen L und den gleichen Kapazitäten C, also mit der gleichen Eigenfrequenz $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{L \cdot C}}$, sind durch den gemeinschaftlichen Kopplungskondensator C_k miteinander gekoppelt. Dadurch werden die beiden Kreise in gleicher Weise verstimmt, und zwar wird ihre Eigenfrequenz auf den Wert $\omega' = \frac{1}{\sqrt{L C_R}}$ erhöht, wobei $C_R = \frac{C \cdot C_k}{C + C_k}$ die resultierende Kapazität der beiden hintereinandergeschalteten Kondensatoren C und C_R bedeutet. Hieraus erkennt man schon die Analogie zu den oben besprochenen, elastisch gekoppelten Pendeln. Die Differentialgleichungen für die Ströme i_1 und i_2 in den Kreisen I und II lauten:

$$L\frac{d^2 i_1}{dt^2} + \frac{i_1}{C} + \frac{i_1}{C_k} - \frac{i_2}{C_k} = L\frac{d^2 i_1}{dt^2} + \frac{i_1}{C} + \frac{1}{C_k}(i_1 - i_2) = 0$$
$$L\frac{d^2 i_2}{dt^2} + \frac{i_2}{C} + \frac{i_2}{C_k} - \frac{i_1}{C_k} = L\frac{d' i_2}{dt^2} + \frac{i_2}{C} + \frac{1}{C_k}(i_2 - i_1) = 0 \quad \ldots\ldots (3)$$

Auch hier enthält das Kopplungsglied die Veränderliche, nämlich i, in der ersten Potenz. Vergleicht man diese Gleichungen mit den Gleichungen (2), so entspricht dem El der Ausdruck $\frac{1}{C_k}$ und dem mg der Ausdruck $\frac{1}{C}$. Für den Kopplungsfaktor k erhält man demnach mit Bezug auf die Gleichung (1) die Gleichung:

$$k = \frac{1}{C_k} \cdot \frac{1}{\left(\frac{1}{C_k} + \frac{1}{C}\right)} = \frac{C_R}{C_k} = \frac{C}{C + C_K} \quad \ldots\ldots (4)$$

Für die Kopplungsfrequenz ergeben sich damit die Ausdrücke:

$$\omega_I = \omega'\sqrt{1-k} = \frac{1}{\sqrt{L C_R}}\sqrt{1 - \frac{C_R}{C_k}} = \sqrt{\frac{1}{L}\left(\frac{1}{C_R} - \frac{1}{C_k}\right)} = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \omega_0$$
$$\omega_{II} = \omega'\sqrt{1-k} = \sqrt{\frac{1}{L}\left(\frac{1}{C_R} + \frac{1}{C_k}\right)} = \frac{1}{\sqrt{LC}}\sqrt{\frac{2C + C_k}{C_k}} = \omega_0\sqrt{1 + \frac{2C}{C_k}}$$

Auch hier finden wir, daß ω_I und ω_{II} unterhalb und oberhalb von ω' liegen, daß aber ω_I identisch mit ω_0 ist.

Dieselben Ausdrücke für die Kopplungsfrequenzen liefert selbstverständlich auch die Auswertung der Differentialgleichungen (3).

Experimentell lassen sich diese Ergebnisse nun besonders schön überprüfen und auch leicht einem größeren Auditorium vorführen. Die Versuchsschaltung zeigt Fig. 3. Die beiden Schwingungskreise I und II haben gleiche Selbstinduktionen L und gleiche Kapazitäten C. Sie sind gekoppelt durch einen Drehkondensator C_k. In jedem Kreis

sowie in der Zuleitung zu C_k ist als Stromindikator ein kleines Glühlämpchen (4 Volt-Taschenlampenbirne) G_1, G_2 und G_k eingeschaltet. Zwischen den Punkten 1 und 2, also parallel zum Kopplungskondensator C_k, liegt eine Glimmlampe Gl_k und ebenso zwischen den Punkten 3 und 4 eine solche Gl als Spannungsindikator.

Die beiden Kreise werden nun fremderregt etwa durch einen Lichtbogen- oder Röhrensender, dessen Schwingkreisspule L' mit den beiden Spulen L derart gekoppelt ist, daß beide Kreise gleich stark erregt werden. Zunächst seien die Spulen L so gepolt, daß sie im gleichen Sinne erregt werden, daß also beispielsweise in einem bestimmten Augenblick an den Spulen eine Spannungsverteilung herrscht, wie sie in der Fig. 3 durch die +- und —-Zeichen angedeutet ist. Die Erregerfrequenz des Senders S wird nun so lange variiert, bis sich in den beiden Kreisen eine Resonanzerscheinung eingestellt hat, die am hellen Aufleuchten der Glüh- und Glimmlampen erkennbar ist. Es ergibt sich dann folgendes Bild: G_1 und G_2 und die Glimmlampe Gl leuchten auf, während G_R und Gl_k dunkel bleiben. Dies besagt, daß zwischen den Punkten 1 und 2 in jedem Augenblick die Spannungsdifferenz Null herrscht. Die Größe von C_k darf demnach die eingestellte Resonanzfrequenz nicht beinflussen. Dies ist in der Tat auch der Fall, wovon man sich leicht durch ein Drehen am Drehkondensator überzeugen kann. Man kann C_k auch ganz entfernen, bzw. die Punkte 1 und 2 durch einen Draht verbinden, ohne daß die Resonanzerscheinung gestört wird. Die beiden Kreise I und II schwingen demnach als gemeinsames Ganzes so, als ob die beiden Selbstinduktionen L und die beiden Kapazitäten C zu einem Kreis hintereinander geschaltet seien. Die Resonanzfrequenz ist dann aber:

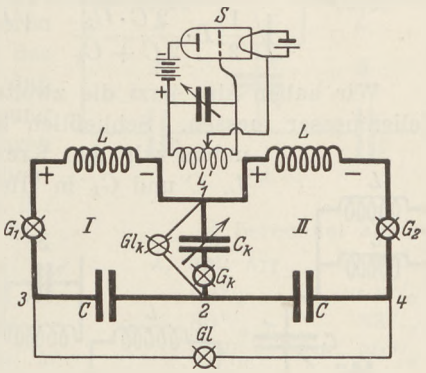


Fig. 3.

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{2L \cdot \frac{1}{2}C}} = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \omega_I = \omega_0.$$

Wir haben also damit die Kopplungsfrequenz ω_I, die wir mit einem Wellenmesser, der mit der Senderspule L' gekoppelt wird, feststellen können. Daß die eingestellte Resonanzfrequenz tatsächlich mit der Eigenfrequenz ω_0 identisch ist, erkennt man daran, daß nach Abschaltung des Kreises II zunächst die Glühlampe G_1 erlischt, aber sofort wieder hell brennt, wenn man die Punkte 1 und 2 durch einen Draht verbindet und dadurch einen Kreis bildet, der nur eine Spule L und einen Kondensator C enthält.

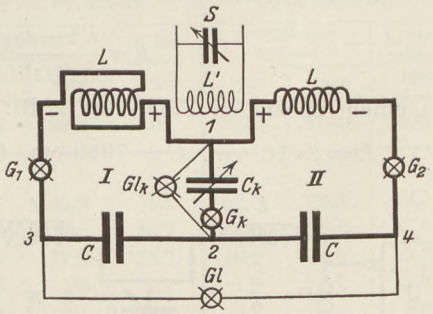


Fig. 4.

Wir stellen nun die ursprüngliche Schaltung (Fig. 3) wieder her und polen dann die Spule L des Kreises I um, so daß das Bild der Fig. 4 sich ergibt. Die beiden Spulen werden jetzt im Gegensinne erregt, so daß in einem bestimmten Augenblick an den Spulen eine Spannungsverteilung herrscht, wie sie wieder durch die +- und —-Zeichen angedeutet ist. Variieren wir jetzt die Erregerfrequenz bis zum Eintreten der Resonanz, so leuchten die drei Glühlampen und die Glimmlampe Gl_k auf. Während jetzt zwischen den Punkten 3 und 4 dauernd die Spannungsdifferenz Null herrscht — erkennbar am Dunkelbleiben der Glimmlampe Gl —, herrscht zwischen den Punkten 1

und 2 eine Spannungsdifferenz. Verändert man die Größe von C_k, so verschwindet sofort die Resonanzerscheinung, während man die Punkte 3 und 4 durch einen Draht verbinden kann. Die beiden Kreise schwingen jetzt so, als ob die beiden Spulen L und die beiden Kondensatoren C jeweils für sich parallel geschaltet seien, wie dies durch die Fig. 5 angedeutet ist. Die Erregerfrequenz ist demnach:

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{2} L \cdot \frac{2C \cdot C_k}{2C + C_k}}} = \frac{1}{\sqrt{LC}} \sqrt{\frac{2C + C_k}{C_k}} = \omega_0 \sqrt{1 + \frac{2C}{C_k}} = \omega_{II}.$$

Wir haben also jetzt die zweite Kopplungsfrequenz ω_{II} und können sie mit dem Wellenmesser messen. Schließlich läßt sich auch noch die Frequenz ω' bestimmen, indem wir den Kreis II abschalten und den Kreis I, bestehend aus L, C und C_k in Hintereinanderschaltung, zur Resonanz erregen.

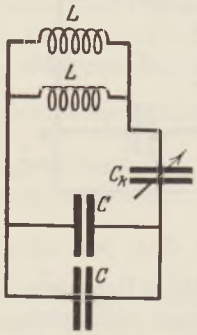


Fig. 5.

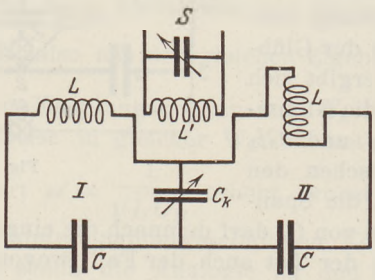


Fig. 6.

Während man bei der soeben besprochenen symmetrischen Erregung der beiden gekoppelten Kreise nur immer eine Kopplungsfrequenz erhält, je nachdem man die Spulen polt, treten die Kopplungswellen nacheinander auf, wenn man nur einen der Kreise mit dem Sender S erregt (Fig. 6) und dessen Frequenz verändert.

Da im allgemeinen der Wellenmesser nicht die Frequenzen direkt, sondern nur die entsprechenden Wellenlängen angibt, muß man die Gleichungen für die Frequenzen in die entsprechenden für die Wellenlängen umformen.

Für ω_0 erhält man entsprechend: $\lambda_0 = 2\pi\sqrt{LC}$

„ ω' „ „ „ $\lambda' = 2\pi\sqrt{LC_R}$

„ ω_I „ „ „ $\lambda_I = \frac{\lambda'}{\sqrt{1-k}} = \lambda_0$

„ ω_{II} „ „ „ $\lambda_{II} = \frac{\lambda'}{\sqrt{1+k}}$

Aus diesen Gleichungen kann man in bekannter Weise k berechnen. Es ist:

$$k = \frac{\lambda'^2 - \lambda_{II}^2}{\lambda_{II}^2} = \frac{\lambda_I^2 - \lambda'^2}{\lambda_I^2} = \frac{\lambda_I^2 - \lambda_{II}^2}{\lambda_{II}^2 + \lambda_I^2}$$

In einem speziellen Falle war z. B.:

$$L = 2 \cdot 10^5 \text{ cm}, \quad C = 7210 \text{ cm}, \quad C_k = 7260 \text{ cm}, \text{ also: } k = \frac{C}{C + C_k} = 49{,}8\,\%.$$

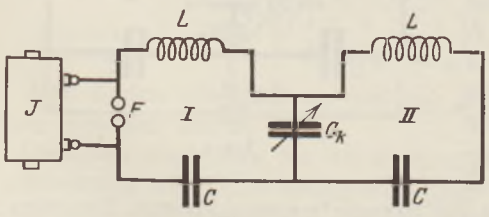


Fig. 7.

Gemessen wurde:

$$\lambda_I = \lambda_0 = 2390 \text{ m}, \quad \lambda_{II} = 1360 \text{ m},$$
$$\lambda' = 1670 \text{ m}.$$

Hieraus berechnet sich k im Mittel zu 50,9 %.

Nun kann man selbstverständlich auch einen der beiden miteinander gekoppelten Kreise in seiner Eigenschwingung erregen, etwa durch Einschalten einer Funkenstrecke F, die von einem Induktor J gespeist wird (Fig. 7). Es treten dann beide Kopplungsschwingungen zu gleicher Zeit auf und sind mit einem Wellenmesser nach-

weisbar. Dabei ist nun im Gegensatz zur induktiven Kopplung das Interessante, daß die eine der Kopplungsschwingungen, und zwar die längere Welle, konstant bleibt, auch wenn man die Kopplung durch Verändern von C_k variiert.

Versucht man die Erregung der beiden Kreise durch eine Elektronenröhre, die man in der bekannten Dreipunktschaltung nach Fig. 8 anschaltet, so erregt sich das Gebilde im allgemeinen nur in der längeren Welle λ_I. Wählt man aber durch Veränderung des Kopplungskondensators C_k die Verhältnisse so, daß die zweite Kopplungswelle λ_{II} eine Oberschwingung von λ_I ist, so entstehen auch bei Erregung durch die Elektronenröhre beide Kopplungswellen nebeneinander. In einem speziellen Falle ergab sich z. B.:

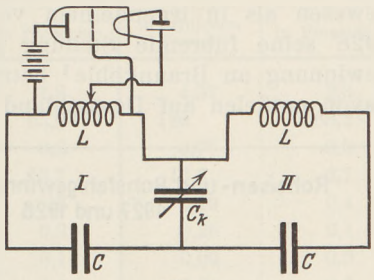


Fig. 8.

C = 7210 cm λ_I = 2220 m
λ_{II} = 1110 m (2. Oberschwingung) C_k = 4565 cm
λ_{II} = 740 m (3. Oberschwingung) C_k = 1480 cm
λ_{II} = 550 m (4. Oberschwingung) C_k = 600 cm

k berechnet aus	
λ_I und λ_{II}	C und C_k
60 %	61 %
80 %	83 %
88 %	90 %.

Statistische Angaben 1928 für den chemischen Unterricht.

Von **Friedrich Hofmann** in Altenburg/Thür. (Oberrealschule).

Für den Lehrer wird es immer wertvoll sein, wenn er in statistischen Zusammenstellungen neben den reinen Zahlenangaben ausführliche textliche Erläuterungen findet. Die folgenden neu erschienenen Veröffentlichungen entsprechen dieser Bedingung und können daher warm empfohlen werden: 1. Weltmontanstatistik, herausgegeben von der Preuß. Geolog. Landesanstalt, bearbeitet von M. MEISNER, Bd. I. Kohlen, Erdöl und Salze 1860—1922. Bd. II. Erze und Nichterze 1860—1926 (Verlag Enke, Stuttgart 1925 und 1929). 2. Sonderheft Nr. 6 zu „Wirtschaft und Statistik" Industrielle Produktionsstatistik bis zum Jahre 1928 (Verlag Hobbing, Berlin 1929). 3. W. WOYTINSKY, Die Welt in Zahlen IV. Buch (Verlag Mosse, Berlin 1926).

Die folgenden statistischen Angaben 1928 sollen wie bisher berichten[1] über Kohle, Eisen (Stahl) und Erdöl, dann über Weltproduktion und Verbrauch der wichtigsten Nichteisenmetalle, über die deutsche Kalk- und Schwefelsäureindustrie.

Weltgewinnung 1927 und 1928	a) Steinkohle			b) Roheisen			c) Rohstahl		
	in Millionen Tonnen		in Prozenten	in Millionen Tonnen		in Prozenten	in Millionen Tonnen		in Prozenten
	1927	1928	1928	1927	1928	1928	1927	1928	1928
Welt: Insgesamt . . .	~1276	~1248	100	87,0	88,4	100	102,1	109,8	100
Davon:									
Europa: Insgesamt . .	~615	~600	48	45,7	45,3	51,2	52,5	53,3	48,5
U.S.A.	542	522	41,5	37,0	38,6	43,7	45,6	52,2	47,5
Deutschland	154	151	12,1	13,1	11,8	13,7	16,2	14,5	13,2
Saargebiet	13,6	13,1	1,1	1,8	1,9	2,1	1,9	2,1	1,9
Frankreich	52,8	52,4	4,2	9,3	10,1	11,4	8,3	9,4	8,6
Belgien u. Luxemburg .	27,5	27,5	2,2	6,4	6,7	7,6	6,2	6,5	5,9
Großbritannien	255	241	19,3	7,4	6,7	7,6	9,2	8,7	7,9
Polen	38	40.6	3,2	0,6	0,7	0,8	1,2	1,4	1,3
Rußland (UdSSR.) . .	32,2	34,6	2,8	3,0	3,4	3,8	3,7	4,3	3,9
Japan	33,5	31,7	2,5	1,3	1,3	1,5	1,7	1,8	1,5

[1] Diese Zeitschrift **42**, S. 74—78; **41**, S. 138—143; **40**, S. 81—85; **39**, S. 129—132.

Kohle. Die Weltgewinnung an Steinkohle 1928 ist gegen 1927 um etwa 2% gesunken. Um den gleichen Prozentsatz ist auch die deutsche Gewinnung zurückgegangen. Die Weltgewinnung an Steinkohle ist aber 1928 immer noch größer gewesen als in irgendeinem vorhergehenden Jahr außer 1927. Europa hat auch 1928 seine führende Stellung gegenüber Amerika behaupten können. Die Weltgewinnung an Braunkohle[1] betrug im Jahre 1928 211 Millionen t (1927 : 192 Mill. t), davon entfielen auf Deutschland 166 Mill. t (1927: 150 Mill. t).

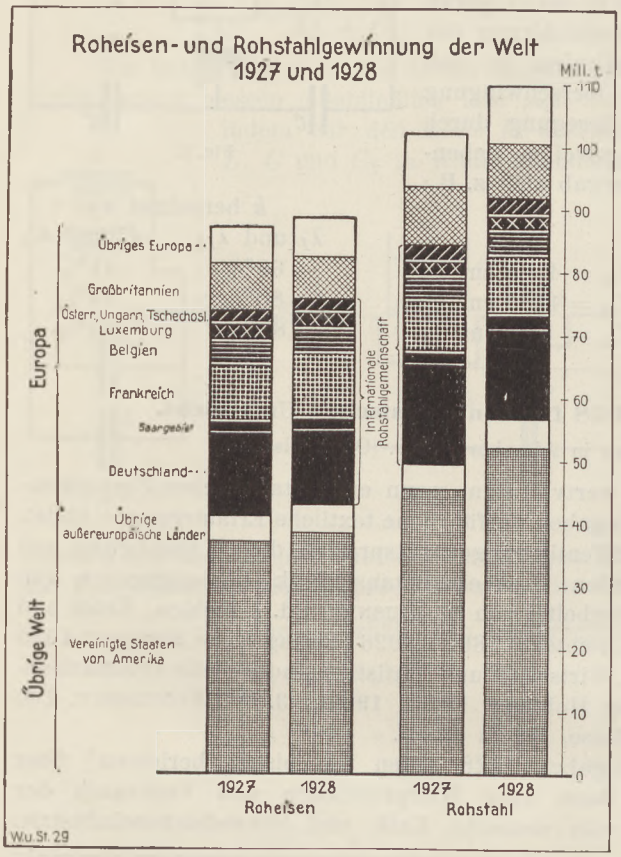


Fig. 1. Aus „Wirtschaft und Statistik", herausgegeben vom Statistischen Reichsamt. Verlag Reimar Hobbing, Berlin SW 61.

Eisen (Stahl). Die günstige Entwicklung der Eisen und Stahl schaffenden Industrie im Jahre 1928 zeigen die Zahlen und das Schaubild (Fig. 1). Die Rohstahlerzeugung ist um mehr als 7% gegen das Vorjahr gestiegen. Für

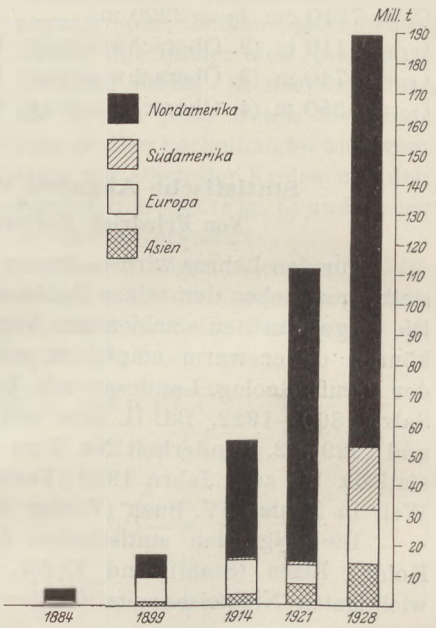


Fig. 2. Roherdölgewinnung der Welt 1884, 1899, 1914, 1921 und 1928.

Deutschland bedingte die Aussperrung Ende des Jahres 1928 eine wesentlich geringere Produktion bei Roheisen und bei Rohstahl um etwa 10% gegen 1927[2]. Durch die Rohstahlgewinnung in Kanada (1928: 1,3 Mill. t) überflügelte Amerika 1928 mit insgesamt 48,7% der Rohstahlerzeugung wiederum Europa.

Erdöl. In diesen Jahren tritt die moderne Erdölindustrie Rumäniens und Amerikas in das 8. Jahrzehnt ihres Bestehens. Es ist möglich gewesen, die gesamte Erdölförderung in dem Zeitraum von 1857 bis 1928 statistisch zu erfassen. Als Umrechnungszahl der amerikanischen Angaben in „Barrels" wurde trotz mancher Bedenken die Beziehung 1 barrel = 0,143 t in der Tabelle verwendet. Die angeführten Länder geben 99% der Gesamtweltförderung in den letzten 70 Jahren wieder. Die Verschiebungen in der Förderung an Erdöl hinsichtlich der einzelnen Erdteile in größeren Zeitabständen zeigen das Schaubild (Fig. 2) und die folgende Aufstellung[3].

[1] Nach Angaben der Zeitschrift Bergtechnik **22**, S. 150 (1929).

[2] Vgl. dazu die deutsche Eisenindustrie im Jahre 1928 in Wirtschaft und Statistik **10**. S. 2—4 (1930). [3] Nach W. SCHMIDT, Zeitschr. Petroleum, 25. Bd., S. 1229 (1929).

Erdölproduktion seit ihren Anfängen bis zum Jahre 1928 und im Jahre 1928.

Seit (Jahr)	Land	Gesamtförderung bis 1928 (einschließlich)		Förderung im Jahre 1928	
		in Millionen Tonnen	in Prozenten	in Millionen Tonnen	in Prozenten
1857	Rumänien	43,5	1,8	4,37	2,3
1859	U.S.A.	1613	65,9[1]	129	68,2[2]
1862	Kanada	3,9	0,2	0,08	0,0
1863	Rußland	331	13,7	12,5	6,7
1874	Polen (Galizien)	30,5	1,3	0,79	0,4
1875	Japan	8,1	0,3	0,26	0,1
1880	Deutschland	2,7	0,1	0,09	0,0
1889	Brit. Indien	28,2	1,1	1,2	0,6
1893	Niederl. Indien	57,2	2,3	4,1	2,2
1896	Peru	13,7	0,6	1,7	0,9
1901	Mexiko	218	8,9	7,2	3,8
1913	Persien	43,2	1,8	6,0	3,2
1917	Venezuela	20,7	0,8	15,1	8,0
1922	Kolumbien	6,2	0,2	2,8	1,5
1857—1928	Welt: Insgesamt	2450	100	189	100

Weltförderung an Erdöl		In Prozenten der jeweiligen Jahresweltförderung				
im Jahre	in Mill. Tonnen	Nordamerika	Südamerika	Europa	Asien	Afrika
1884	4,7	68	—	31,9	0,1	—
1899	17,1	44,1	0,1	53,3	2,5	—
1914	54,9	71,7	0,8	21,2	6,2	0,1
1921	111,5	87,0	1,2	5,8	5,9	0,1
1928	189	72,0	11,8	9,5	6,6	0,1

Im Jahre 1928 ist eine bisher unerreichte Menge Rohöl gefördert worden. Ein erheblicher, erneuter Rückgang in der Förderung an Rohöl gegen das Vorjahr ist nur für Mexiko zu bemerken. Venezuela ist das zweite Rohölland geworden und hat Rußland weit überholt. Neue, an Bedeutung gewinnende Ölländer sind Ekuador, Mesopotamien und Irak. Eine Schätzung der Welterdölvorräte ist noch schwieriger als die Schätzung der Kohlenvorräte und der Wasserkraftquellen der Welt. Entgegen den mehr als vorsichtigen Schätzungen des American Geological Survey vom Jahre 1922 hat die internationale Energiekonferenz 1924 in London mit einer noch 300jährigen Erdölgewinnung bei 100 Millionen t Weltjahresförderung gerechnet; die Energiekonferenz verzichtete auf eine genaue Ermittlung der Erdölvorräte, die sie bei dem heutigen Stande der Wissenschaft für unmöglich hielt[3].

Nichteisenmetalle[4]. Die Welthüttenproduktion im Jahre 1928 (1927) betrug für Aluminium 227000 t (205000 t), für Blei 1646000 t (1671000 t), für Kupfer 1694000 t (1518000 t), für Zink 1414000 t (1321000 t), für Zinn 185000 t (158000 t). Hinsichtlich der einzelnen Erzeugungsländer ist gegen das Vorjahr keine wesentliche

[1] Davon Kalifornien 17,4%; Oklahoma 14,8%; Texas 10,4%; Pennsylvanien 4,8%; Ohio 3,1%; Kansas 3%; West Virginia 2,1%.

[2] Davon 1928 Kalifornien 17,5%; Oklahoma 18,9%; Texas (ohne Gulf Coast) 16,4%; Kansas 2,7%; Arkansas 2,4%; Louisiana 1,1%. Die angeführten Staaten bilden ohne Kalifornien das Mid-Continent-Gebiet; auf dieses Gebiet entfiel 1928 mithin 41,6% der Welterdölgewinnung.

[3] W. WOYTINSKY, Die Welt in Zahlen IV. Buch. S. 142 und 159.

[4] Nach den statistischen Zusammenstellungen der Metallgesellschaft in Frankfurt (Main) 30. Jahrg. 1929.

Verschiebung in der Produktion eingetreten. Der Verbrauch an wichtigen Nichteisenmetallen je Kopf der Bevölkerung wird durch die folgende Übersicht für die Jahre 1900 und 1928 gekennzeichnet.

Nichteisenmetallverbrauch je Kopf der Bevölkerung[1] in kg in den Jahren 1900 und 1928.

Im Jahre	Blei in kg			Kupfer in kg			Zink in kg		
	Welt	U.S.A.	Europäische Länder	Welt	U.S.A.	Europäische Länder	Welt	U.S.A.	Europäische Länder
1900	0,59	3,49	3,46	0,35	2,29	1,97	0,32	1,22	2,06
1928	0,85	5,14	3,71	0,89	6,45	3,58	0,72	4,33	3,38

Im Jahre	Zinn in kg			Aluminium in kg		
	Welt	U.S.A.	Europäische Länder	Welt	U.S.A.	Europäische Länder
1900	0,055	0,42	0,26	0,005	0,038	0,016
1928	0,09	0,64	0,39	0,124	0,958	0,534

Deutsche Kalkindustrie 1927 und 1928[2] (Fig. 3). Die deutsche Kalkindustrie arbeitet in ihren über das ganze Reich verstreuten Werken fast ausschließlich für den Inlandsbedarf, nämlich für das Baugewerbe, die Stahl- und Eisenwerke, die Landwirtschaft und die chemische Industrie. Es wurden in den Steinbrüchen 1928 (1927) 12,4 Mill. t (11,6 Mill. t) Rohkalksteine gebrochen, die zum größeren Teil in einer Menge von 8,35 Mill. t (8,40 Mill. t) entsprechend 67 % (72 %) gebrannt wurden. Die Gewinnung an Kalkmergel für Düngezwecke betrug 1927 außerdem 0,8 Mill. t. Kalkmergel und geringe Mengen gemahlener Rohkalksteine wurden 1928 (1927) in einer Menge von etwas über 1 Mill. t (0,92 Mill. t) erzeugt und abgesetzt. Der unmittelbare Absatz der ungebrannten Rohkalksteine, in beiden Jahren je rund 3,1 Mill. t, erfolgte zu $^2/_3$ an die Eisen- und Stahlwerke, zu je etwa $^1/_{10}$ an das Baugewerbe und die chemische Industrie. Aus den oben angeführten Rohkalksteinmengen wurden 1928 (1927) insgesamt 4,63 Mill. t (4,67 Mill. t) gebrannten Kalks hergestellt. Der im Jahre 1928 gewonnene Branntkalk wurde an die einzelnen Verbrauchergruppen in der folgenden Weise abgesetzt: Baugewerbe 38 %; Eisen- und Stahlwerke 25 %;

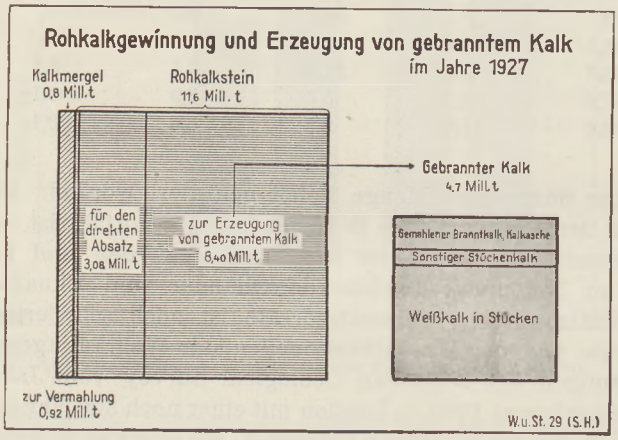


Fig. 3. Aus „Wirtschaft und Statistik", herausgegeben vom Statistischen Reichsamt. Verlag Reimar Hobbing, Berlin SW 61.

[1] Für 1900 wurden rund $1^1/_2$ Milliarden Menschen, für 1928 nicht ganz 2 Milliarden Menschen als Bevölkerung der Erde angenommen. Als „Europäische Länder" sind in dieser Zusammenstellung nur Deutschland, England und Frankreich zu verstehen. Diese Länder sind hier in ihrem Metallverbrauch zusammengefasst, um den Vergleich zu den U.S.A. zu haben.

[2] Nach Wirtschaft und Statistik. 9. S. 611 (1929) und nach Sonderheft Nr. 6 zu Wirtschaft und Statistik S. 28 (1929).

Landwirtschaft 14,5%; Kalkstickstoffwerke 8,3%; Chemische Industrie 5,2%; Kalksandsteinwerke 5,7%; Übrige Verbraucher 1,4%; Ausfuhr 1,9%.

Deutsche Schwefelsäureindustrie 1927[1]. Das Schaubild (Fig. 4) unterrichtet über den Rohstoffverbrauch und die Produktion der Schwefelsäureindustrie, die im Jahre 1926 in 73 Betrieben (50 mit Bleikammer-, 12 mit Kontakt-, 10 mit beiden Verfahren) 1,24 Mill. t H_2SO_4 herstellte. Im Jahre 1927 betrug die Produktion 1,45 Mill. t H_2SO_4, erreichte somit fast die Produktion des Jahres 1913 (jetziges Reichsgebiet), jedoch in beträchtlich weniger Betrieben. Als Rohstoff diente zu mehr als der Hälfte ausländischer (meist spanischer und skandinavischer) Schwefelkies. Der Verlust an oberschlesischer Zinkblende als Rohstoff für die Schwefelsäureindustrie wurde seit dem Kriege z. T. ausgeglichen durch den neuen Rohstoff Gips. Der Außenhandel mit H_2SO_4 ist wegen der hohen Transportkosten verhältnismäßig gering.

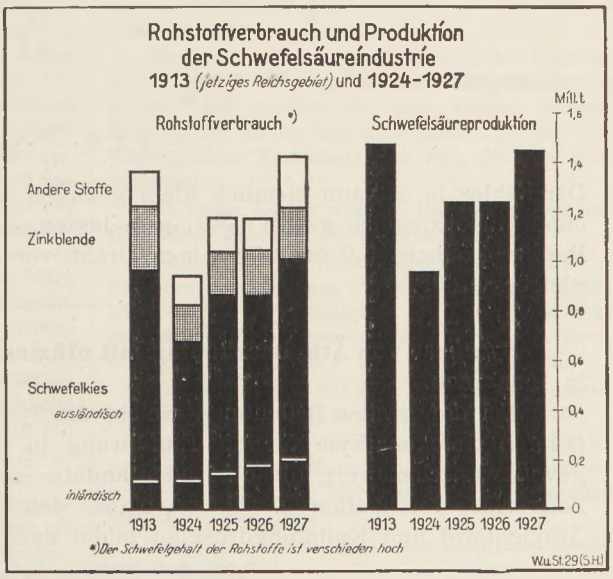


Fig. 4. Aus „Wirtschaft und Statistik", herausgegeben vom Statistischen Reichsamt. Verlag Reimar Hobbing, Berlin SW 61.

Für die Praxis.

Eine Methode zur Bestimmung von kleinen Kapazitäten. Von **A. Döge** in Dresden. Mit Hilfe der Versuchsanordnung von P. HANCK (diese Zeitschr. **41**, 30; 1928) lassen sich auf eine besondere Art kleine Kapazitäten leicht bestimmen.

Durch die Überlagerung zweier Schwingungen erhält man den Interferenzton, den man durch Gleichheit der Schwingungskreise zum Verschwinden bringen kann. Schaltet man jetzt zum Kreis 1 eine kleine Kapazität parallel, so stellt sich der Ton wieder ein, da die Kreise etwas gegeneinander verstimmt sind. Da schon eine kleine Kapazität die Schwingungszahl um einige Hundert ändern kann, so ergibt sich ein gut wahrnehmbarer Ton, dessen Schwingungszahl mit dem Monochord oder mit einem Stimmgabelsatz bestimmt werden kann. Bestimmt man noch die Schwingungszahl der gleichgestimmten Kreise, so ergibt sich folgende Rechnung. Wenn bedeutet

n_1 die Schwingungszahl der gleichgestimmten Kreise
L_1 die Selbstinduktion des Kreises 1
C_1 die Kapazität (einschließlich Spulenkapazität) des Kreises 1
n_3 die Schwingungszahl des verstimmten Kreises 1
n_s die Schwingungszahl des Tones
x die parallel geschaltete Kapazität,

so ist

$$n_1 = \frac{3 \cdot 10^{10}}{2\pi \sqrt{L_1 \cdot C_1}} \qquad n_3 = \frac{3 \cdot 10^{10}}{2\pi \sqrt{L_1 (C_1 + x)}}$$

$$n_s = n_1 - n_3 \qquad \frac{n_1}{n_3} = \frac{n_1}{n_1 - n_s} = \frac{\sqrt{C_1 + x}}{\sqrt{C_1}}.$$

[1] Nach Sonderheft Nr. 4. S. 36 und Sonderheft Nr. 6. S. 50 zu Wirtschaft und Statistik (1928 und 1929).

Hieraus ergibt sich

$$x = \left[\frac{{n_1}^2}{(n_1 - n_s)^2} - 1\right] \cdot C_1 = \left[\left(\frac{1}{1 - \frac{n_s}{n_1}}\right)^2 - 1\right] \cdot C_1$$

und wegen des kleinen Wertes $\frac{n_s}{n_1}$

$$x \approx 2 \cdot \frac{n_s}{n_1} \cdot C_1.$$

Der Fehler in x kann ziemlich klein gehalten werden, da die Größen n_s, n_1, C_1 sich ohne Mühe ziemlich genau bestimmen lassen. — Ich erhielt für eine Kugel von 5 cm Radius 4,5 bzw. 5,0 cm, für einen Draht von 60 cm Länge und 3 mm Dicke die gleiche Größe.

Synthese von Äthylmerkaptan mit offizinellem Chloräthyl. Von **Sigbert Genelin** in Innsbruck.

Bei der großen Bedeutung, welche die Synthesen mit Hilfe der äußerst reaktionsfähigen Halogenalkyle für die Einführung in die organische Chemie haben, ist es gewiß wünschenswert, die eine oder andere im Unterricht auch praktisch ohne viel Zeitverlust durchzuführen. Hierzu eignet sich das Äthylmerkaptan, welches sich aus Äthylchlorid und Kaliumhydrosulfid bildet nach der Gleichung:

$$C_2H_5Cl + KSH = C_2H_5SH + KCl.$$

Man löst in einem kleinen Fläschchen etwa eine Viertelstange Ätzkali in etwa 20 ccm Alkohol und sättigt die Lösung mit Schwefelwasserstoff. Das gebildete Kaliumhydrosulfid bleibt in Lösung. Nun spritzt man einige Kubikzentimeter Äthylchlorid ein, verkorkt und läßt es stehen. Gewöhnlich kann man schon am Schlusse der Stunde die Ausscheidung von gebildetem Kaliumchlorid, welches in Alkohol unlöslich ist, sowie den widerlichen Geruch von gebildetem Merkaptan feststellen. Bis zur nächsten Stunde hat eine reichliche Kristallisation von Chlorkalium stattgefunden, und der Geruch ist so intensiv geworden, daß man das Fläschchen nur mehr unter dem Digestorium öffnen kann. Wasserzusatz scheidet das gebildete Merkaptan in Öltröpfchen aus.

Der Alkohol dient hier nur als Lösungsmittel für das Äthylchlorid, welches sich in Wasser nicht lösen würde. Eine Verwechslung des durch Wasserzusatz ausgeschiedenen Merkaptans mit allenfalls im Überschusse zugegebenem Äthylchlorid, das sich bei Wasserzusatz natürlich auch ausscheiden müßte, ist ausgeschlossen, da letzteres als Gas entweichen müßte. (Vgl. hierzu Jahrg. 33 dieser Zeitschrift Seite 147.)

Der Erfolg des Versuches ist unbedingt sicher.

Berichte.

4. Unterricht und Methode.

Dem Andenken an Hermann Hahn.

Treu und fest!

Am 19. April 1929 ist HERMANN HAHN für immer von uns gegangen. Die erste Wiederkehr seines Todestages gibt wohlbegründeten Anlaß zur Erinnerung an einen Mitarbeiter, der durch seine das gewöhnliche Maß weit übersteigende Gelehrsamkeit, durch seine scharfsinnigen und vielseitigen Veröffentlichungen, durch seine unerschütterliche Treue und Gewissenhaftigkeit sich in unserer Zeitschrift ein unvergängliches Denkmal gesetzt hat. Es gilt zugleich, eines stets bewährten Menschen zu gedenken, dem sehr viele Lebende herzliche Verehrung bewahren werden.

HERMANN LORENZ WILHELM HAHN wurde am 25. April 1857 zu Wiesbaden gegenüber dem Mauritiusplatz in der Hirschgasse geboren, 2 Monate nach HEINRICH HERTZ, mit dem er später in Berlin im Laboratorium von HELMHOLTZ zusammentraf. Seine Vorfahren waren alteingesessene Wiesbadener. An der Mutter, die kein hohes Alter erreichte und deren Mädchennamen MACHENHEIMER er selbst zu führen pflegte, hing er mit größter Liebe und Verehrung. Der 1908 verstorbene Vater EDUARD HAHN war ein angesehener Kaufmann; an vielen bedeutsamen Geschäftsunternehmungen beteiligte er sich nicht nur finanziell, sondern auch in tatkräftiger Mitarbeit; er

war Besitzer von Bergwerken (Phosphorlager in England) und Baumwollspinnereien (an der Ruhr) und baute die Aktienbrauerei zu Wiesbaden; im deutsch-französischen Kriege 1870/71 hatte er große Proviantlieferungen auszuführen. In seinen Mußestunden beschäftigte er sich mit allerlei Erfindungen auf maschinellen Gebieten. Die Eltern waren kurz vor der Geburt des ersten Sohnes — HAHN erhielt noch 3 Brüder und 3 Schwestern — aus den Vereinigten Staaten nach Wiesbaden zurückgekehrt und wechselten anfangs wiederholt den Wohnsitz, so daß er eine Reihe Schulen besuchte. Von Ostern 1863 bis Juli 1866 war er Vorschüler in Wiesbaden und kam dann bis März 1867 auf die Realschule zu Bingen. Als die Familie nach England übersiedelte, erhielt er bis Ostern 1868 Privatunterricht in London. Diesem Aufenthalt im Auslande verdankte er seine Vertrautheit mit der englischen Sprache. Nach Rückkehr in die Heimat kam er bis Oktober 1869 in ein Knabeninstitut zu Oberlahnstein, wo nur französisch gesprochen wurde. Auf der Rückreise aus England ereignete sich eine für HAHNs Heimatliebe bezeichnende Begebenheit, die er später oft erzählt hat. Die Fahrt ging zu Schiff von Rotterdam den Rhein aufwärts, und als sie an der Insel Nonnenwerth vorüberkamen, läuteten plötzlich die Klosterglocken. Die vertrauten Klänge ergriffen den weichherzigen Knaben so stark, daß er laut zu weinen anfing. Von Oktober 1869 bis 1872 besuchte er die Selektenschule in Frankfurt a. M. Erinnerungen aus dieser Zeit hat er nicht lange vor seinem Tode diktiert; sie sind in dem Bericht der Selektenschule über das Jahr 1928/29 abgedruckt. Ein Schreiben vom 5. Februar 1929 an den Direktor der Anstalt war HAHNs letzter Brief. Wenige Tage darauf traf ihn ein schwerer Schlaganfall, von dem er sich nicht mehr erholen sollte. Den Rückblick über seine Frankfurter Schulzeit hier zu wiederholen, wird lohnend sein.

„Der schönste Raum der Schule war die Kapitelstube. Sie lag in der Liebfrauenkirche über der Sakristei. Vom Schulhofe führte eine alte Wendeltreppe hinauf, und durch eine alte Tür trat man ins Innere. In der Stube standen alte, stark zerschnitzte Bänke. Dort hatten wir Latein. Der Lehrer war der spätere Inspektor, Professor Dr. JAKOB BECKER, ein berühmter Altertumsforscher. Er gab in seiner Art einen ausgezeichneten und eigentlich ganz neuzeitlichen Unterricht, der uns in das Leben der Römer am Rhein prachtvoll einführte. Wir lernten die Ausrüstung der Legionssoldaten, ihre Kampfweise, die römischen Kastelle und ihre Straßen aufs deutlichste kennen. Auch ging er mit uns in das Stadtarchiv, zeigte uns alte Urkunden, unter anderem die Goldene Bulle. Ein andermal führte er uns in die Stadtbibliothek und zeigte uns alte Handschriften, die Hefte des jungen Goethe, die Aktensammlungen des Bundestages und die dreimal so umfangreichen Akten des Frankfurter Parlaments. Auf BECKERS Anregung ist es zurückzuführen, daß ich mich später viel mit mittelalterlichen Klöstern und Burgen beschäftigte. Obwohl ich eigentlich Mathematiker und Naturwissenschaftler war, studierte ich daneben auch deutsche Reichs-, Rechts-, Verfassungs- und Wirtschaftsgeschichte. Darüber habe ich dann einiges veröffentlicht.

Ein anderer Hauptlehrer war Herr Dr. KIRSCHBAUM, bei dem wir Erdkunde und Geschichte hatten. Ich mochte ihn gern; andere Schüler aber wollten nichts von ihm wissen. Er gab uns umfangreiche Ferienaufgaben auf, die uns sehr belästigten.

Ein feiner Lehrer war Dr. BRENTANO, der uns Griechisch gab. Er starb leider früh.

Wenig liebte ich den Mathematiker, Dr. BERGER, der ein tüchtiger Physiker war. Ich selbst habe keinen physikalischen Unterricht bei ihm gehabt. Sein mathematischer Unterricht nach COLENSO und KAMBLY war ziemlich ledern.

Ein Lehrer, der mit den Schülern gut umzugehen verstand, war der Franzose THÉVENÔT.

Auch erhielten wir Schwimmunterricht. Er ist mir nicht gut bekommen. Beim Schwimmen schluckte ich 1871 Mainwasser und erkrankte schwer an der Ruhr.

Sonntags mußten wir in der Liebfrauenkirche auf der Orgel singen. Dorthin gingen wir vom Schulhof aus durch den Glockenturm. Wir halfen mit großem Eifer läuten, obwohl uns das verboten war. Am meisten Spaß machte uns das Hochfahren mit dem Glockenseil. Von der Stube, wo wir läuteten, führte eine alte Wendeltreppe zur Orgel. Das Bälgetreten, das Zusehen beim Orgelspielen und das Singen machte uns große Freude. Nach dem Hochamt gingen wir durch die Kirche nach dem Chor und saßen während der Predigt in den schön geschnitzten, alten Chorstühlen. Man hätte uns nach Hause schicken sollen. Wir verstanden den glänzenden Prediger gar nicht und unterhielten uns mit versteckten Spielen. Neben mir saß mein Freund, ADOLF VON SAVIGNY, der Sohn des preußischen Ministers. Wir ließen durch das Schnitzwerk der Stühle Schreibfedern gleiten, wir schoben sie oben in eine Öffnung ein, sie rutschten abwärts und kamen unten wieder zum Vorschein. Ein heimliches Spiel, das niemand beobachten konnte und niemanden störte. SAVIGNY soll später in einen Orden eingetreten sein.

Ich hatte eine Reihe Freunde, meist Genossen auf dem Schulwege. JOSEPH BERNHARD war der Sohn eines Rechtsanwalts und Neffe des Direktors BERNHARD vom Liebfrauenstift. Der Rechtsanwalt wohnte am Domplatz, dem Lutherhaus gegenüber, auf einem alten Hof (Hainer Hof). Eine Wendeltreppe führte in die kleinen Zimmer, die mit Büchern vollgestopft waren. Joseph wurde später Brauereibesitzer irgendwo in Unterfranken.

JOSEPH MARTIN, der Sohn eines französischen Tanzlehrers, war ein sehr weltgewandter Junge. Er wurde Kaufmann, starb aber früh.

PHILIPP REISERT, der Sohn eines ehemaligen Thurn- und Taxisschen Postbeamten, war ein gescheiter Mensch, wurde Kaufmann und las Schopenhauer, ehe er ihn verstehen konnte.

Johannes Senonner war ein sehr lieber Bub. Er wurde Geistlicher und später Kaplan zu St. Leonhard. Solange er in Münster studierte, blieben wir noch gute Freunde. Als er aber später nach Innsbruck ging, nahm er ein ganz fremdartiges heiliges Wesen an.

Wir hatten einen Platz, wo wir nach dem Baden Soldaten spielten. Unterhalb der Untermainbrücke, wo der Hafen begann, lag der alte Grindbrunnen mit seinem schwefelhaltigen Wasser und daneben eine alte Schanze. Da spielten wir mit Ausdauer und Mut Soldaten.

Ein anderer Spielplatz lag nördlich von der Hermannstraße, zwischen der Öd und der Eckenheimer Landstraße. Das Gelände war nicht bepflanzt und wartete auf die Bebauung. Dort spielten wir Indianer. Wir hatten sehr gute Bogen aus Bambusrohr und wollten alle später nach Nordamerika auswandern, um den Rothäuten gegen die verdammten Bleichgesichter beizustehen.

Sehr beliebt war auch das Bootfahren und das Segeln auf dem Main. Im Sommer fuhren wir Sonntags bis nach Offenbach.

Sonnabends gingen wir regelmäßig nach dem Stadtwald zur Oberschweinstiege, tranken ein Glas Apfelwein und aßen einen Handkäs nebst trockenem Brot dazu. Diese Ausflüge habe ich bis heute beibehalten, leider ohne die gute Frankfurter Verpflegung.

Die Schule als solche machte alljährlich eine Maifahrt. Sie führte stets nach der „Höhe" (dem Taunus), ins Lorsbacher Tal (Ölmühle), nach Falkenstein, Kronthal oder auf den Feldberg".

1872 wurde Hahn Schüler des Königlichen Realgymnasiums zu Wiesbaden. Dort lehrten Wilhelm Unverzagt Mathematik, August Schmidt Physik und Ferdinand Henrich Chemie. Henrich leitete auch sehr ausgedehnte chemische Übungen, die Casselmann, ein Schüler von Justus Liebig, an der Anstalt eingerichtet hatte. Nach Hahns Urteil gingen diese Lehrer dieselben Wege, auf denen man einst die Ergebnisse ihrer Wissenschaften gefunden hatte. In diese Zeit fällt der Beginn enger Freundschaft mit seinem Schulkameraden Trinius. Ostern 1877 erwarb Hahn in Wiesbaden das Reifezeugnis.

Er ging erst 1878 nach Berlin, um Mathematik und Naturwissenschaften zu studieren. Für die Zwischenzeit hatte er in seiner Vaterstadt die Stelle eines Hauslehrers angenommen. In Berlin konnte er einen Teil der großen Zeit miterleben, die für die Mathematik durch die Namen E. E. Kummer, K. Weierstrass, L. Kronecker und für die physikalischen Studien durch H. Helmholtz und G. R. Kirchhoff gekennzeichnet ist. Stark beeinflußt wurde er gleich zu Anfang von H. Bruns, auf den Hahns Vorliebe für Astronomie und seine Wertschätzung der Fertigkeit im Zahlenrechnen zurückgeht. Auch A. Wangerin hörte er eifrig und gegen Ende seines Studiums noch den mit ihm fast gleichaltrigen R. Lehmann-Filhés. Gründliche praktische Arbeit im physikalischen Laboratorium machten ihn zu einem begeisterten Jünger „der Wissenschaft des Wägens und Messens, durch welche der Grund zur Erkenntnis des Himmels und der Erde gelegt wird". Auf die peinliche Sorgfalt, die Hahns experimentelles Arbeiten jederzeit auszeichnete, hat besonders L. Grunmach bestimmend eingewirkt. Als ich Grunmach nicht lange vor seinem Tode in einem geselligen Kreise traf, konnte er sich nicht genug tun, den ihm auch persönlich lieben Hermann Hahn noch nach Jahrzehnten als Muster eines gewissenhaften Physikbeflissenen zu rühmen. Mit wie ernstem Fleiß Hahn seine Studien betrieben hat, zeigen die in seinem Nachlaß befindlichen Ausarbeitungen zahlreicher Vorlesungen. Viele vergilbte Blätter lassen erkennen, daß er schon als Student Abhandlungen und Bücher mit der Feder in der Hand las. Die darin ausgeprägte ernste Lebensauffassung hinderte ihn aber keineswegs, ein fröhlicher Geselle zu sein. Er war Burschenschafter und erzählte noch als Siebzigjähriger mit Behagen von manchem Streich, an dem er in überschäumender Jugendlust teilgenommen hatte. Seine Bundesbrüder M. Klatt, A. Welcker und Wille blieben ihm fürs Leben eng befreundet.

Die Prüfung pro fac. doc. bestand Hahn am 3. Juli 1883 zu Berlin. Er erhielt die Lehrbefähigungen in Mathematik und Physik für O I, in Botanik und Zoologie für U II. Von Michaelis 1883 bis 1884 war er Mitglied des von Karl Schellbach geleiteten „Instituts zur Ausbildung der Lehrer der Mathematik und Physik für Gymnasien und Realschulen", das mit dem Königlichen Friedrich-Wilhelms-Gymnasium zu Berlin seit 1855 verbunden war. Dieses Probejahr im Schellbachschen mathematisch-pädagogischen Seminar hat Hahns weitere Tätigkeit grundlegend beeinflußt. In seinem Handbuch für physikalische Schülerübungen erzählt er: „Der große Schweizer Schellbach pflegte mit einem Satz mehr zu sagen als andere in einem langen Vortrag. In einer Zwischenstunde — diese Zeit genügte für unsere Seminarsitzungen — hatte uns Schellbach auf die damals beginnenden amerikanischen Bestrebungen, den physikalischen Unterricht umzugestalten, mit den wenigen Worten hingewiesen: ‚In den amerikanischen Schulen wollen sie jetzt sogar Erfinder großziehen.' Schellbach war damals bereits viel zu betagt, um sich noch eingehend mit dieser Frage beschäftigen zu können. Mich aber hatte diese kurze Bemerkung, die halb anerkennend, halb ablehnend gemeint war, stark angeregt. ..... Jeder Schellbachianer mußte sofort erkennen, daß das im Ausland vielfach angewandte Verfahren des Arbeitens in gleicher Front in seinem Wesen nichts anderes war, wie eine folgerichtige Übertragung des Schellbachschen Lehrverfahrens von dem mathematischen auf den physikalischen Unterricht." In Hahns Ausführungen zum physikalischen Arbeitsunterricht (1927) heißt es über das Institut zur Ausbildung von Lehrern der Mathematik: „Hier leitete Karl Schellbach, der sich zuweilen im Scherz einen Sohn des Sokrates nannte, uns Probekandidaten, seine ‚Atome', an, wie wir den Schülern

Mathematik, Physik und Chemie auf altbewährten Finderwegen lehren sollten. Daher habe ich stets, solange ich Lehrer war, in Mathematik und Physik meine Schüler zum Selbstfinden angeleitet, wie es die besten Lehrer vor mir bereits seit länger als einem Jahrhundert getan hatten."

Nach Erlangung der Anstellungsfähigkeit Michaelis 1884 setzte HAHN seine Ostern 1883 begonnene Lehrtätigkeit an der höheren Töchterschule von Frl. PROX fort, übernahm daneben Unterricht an der höheren Töchterschule von Frl. KANNENGIESSER, später Frl. DÖRSTLING, und von Ostern 1885 an auch noch an der höheren Töchterschule von Frl. DUNKER. Von Ostern bis Michaelis 1886 war er wissenschaftlicher Hilfslehrer an der städtischen Margarethenschule zu Berlin, wo er am 1. Oktober 1886 als ordentlicher Lehrer angestellt wurde. Am 1. Oktober 1890 rückte er zum Oberlehrer an der Margarethenschule auf.

Nach seiner Anstellung studierte HAHN, wie er selbst schreibt, zu seinem Vergnügen noch deutsche Geschichte in Berlin. Er war fünf Semester lang Mitglied der historischen Seminare von SCHEFFER-BOICHORST und TANGL. Vor allem durch die Familie seiner Mutter stand er in engen Beziehungen zur Rheinpfalz, deren Geschichte er durch alle Zeiten verfolgte. Er führte ausgedehnte Wanderungen aus, um die historisch wichtigen Punkte und auch die früheren Wohnstätten seiner Vorfahren mütterlicherseits eingehend zu besichtigen. Seine Forschungen trugen ihm wertvolle Freundschaften ein. Neben dem verstorbenen J. MAYERHOFER sind hier HÄBERLE in Heidelberg, LUDWIG EID, GLASSCHRÖDER und PÖHLMANN in Speyer zu nennen.

Abgesehen von kleineren geschichtlichen Aufsätzen veröffentlichte HAHN die folgenden größeren Arbeiten: 1. Der handschriftliche Nachlaß BERNHARD HERTZOGS in der Frankfurter Stadtbibliothek. Vierteljahrsschrift für Wappen-, Siegel- und Familienkunde 24, 1 ff., 1896. 2. Drei pfälzische Wappen. Ebenda 24, 19 ff., 1896. 3. Die Grabsteine des Klosters Weidas bei Alzei. Ebenda 25, 1 ff., 1897. 4. Breidenborn und die Breidenborner. Mitteilungen des historischen Vereins der Pfalz 22, 80 ff., 1898. 5. Die Brunnenschale in der Burgruine Nannenstein bei Landstuhl. Vierteljahrsschrift 26, 154 ff., 1898. 6. Zwei Blieskasteler Urkunden. Westpfälzische Geschichtsblätter II, 1898. 7. Die Grabsteine des Klosters Werschweiler. Ebenda 28, 1 ff., 1900. Von diesen Schriften ist die letzte die wertvollste. Am bekanntesten und selbst in Reiseführern genannt ist die Untersuchung der Brunnenschale, die der Sohn Franz von Sickingens hatte setzen lassen. Die Arbeit über Breidenborn hat am nachhaltigsten gewirkt; sie gab den Anstoß zu vielen Untersuchungen über das alte Reichs- und Königsland bei Kaiserslautern und führte zur Auffindung des Breidenborner Kopialbuches, einer der ältesten Hauptquellen für die Rechts- und Wirtschaftsgeschichte dieser Gegend. HAHN hat das Breidenborner Kopialbuch selbst abgeschrieben, kam aber erst 1910 zu seiner Herausgabe in der Vierteljahrsschrift 38, 261 ff unter dem Titel: Die Eheverträge im Breidenborner Kopialbuch. Mit seiner Versetzung an das Dorotheenstädtische Realgymnasium brach er 1900 bis auf diese Veröffentlichung und einige kleine Mitteilungen in den Westpfälzischen Geschichtsblättern und im Pfälzischen Museum die geschichtlichen Untersuchungen ab. Er blieb aber auch weiter der zweite Schriftführer des Vereins Herold zu Berlin und behielt seine historischen Neigungen bis zum Tode bei.

Über HAHNS weiteren Lebenslauf geben in dieser Zeitschrift die Mitteilungen 40, 49 (1927) und 42, 145 (1929) Aufschluß. Er vertrat seinen Freund P. SPIES, als dieser aus Gesundheitsrücksichten einen Winter in Italien zubringen mußte, in seiner Stellung als Vorsteher der physikalischen Abteilung in der Urania zu Berlin. Die Stadt Berlin beauftragte ihn mit einem Experimentierkursus für Lehrerinnen. Bei einem Ferienkursus hielt er Vorträge über Schülerübungen. Im Berliner Verein zur Förderung des physikalischen Unterrichts gehörte er durch Jahrzehnte dem Vorstande an und wurde als stellvertretender Vorsitzender zusammen mit dem Vorsitzenden R. HEYNE durch Verleihung des Roten Adlerordens ausgezeichnet. Bei der Neuordnung der Ernennung zu Professoren wurde seine Tätigkeit als ordentlicher Lehrer und Oberlehrer an der Margarethenschule zunächst nicht als Zeit einer festen Anstellung gerechnet, sondern die Anstellung erst von seiner Übernahme ans Dorotheenstädtische Realgymnasium am 1. April 1900 datiert, so daß seine erwartete Ernennung ausblieb. Er setzte sich energisch zur Wehr und erreichte sein Ziel. Als nach dem Beamtendiensteinkommensgesetz vom 17. Dezember 1920 die Direktoren an sämtlichen höheren Lehranstalten in die Besoldungsgruppe 12 übernommen wurden, blieb HAHN als Direktor der Staatlichen Hauptstelle für den naturwissenschaftlichen Unterricht in Gruppe 11. Er mußte seine Gleichstellung erkämpfen. Das Verzeichnis seiner Veröffentlichungen im 40. Jahrgange dieser Zeitschrift ist noch dahin zu ergänzen, daß er längere Zeit Mitarbeiter der Zeitschrift für Instrumentenkunde war und auch für die Deutsche Mechanikerzeitung Beiträge geliefert hat.

„Der Lehrer der Physik muß ein Physiker mit Neigung zur Pädagogik sein und bleiben und muß sich hüten, zu einem Pädagogen, der Lust und Liebe zur Physik hat, zu entarten." Durch diesen Ausspruch hat HAHN sein eigenes Wesen treffend gekennzeichnet. Seine historische Einstellung führte ihn dazu, den Ursprüngen der in der Physik geübten Lehrverfahren nachzuspüren. Dabei ergab sich, daß vielfach als neueste Errungenschaft solche Methoden gepriesen werden, die in Wirklichkeit schon recht alt sind. Den heuristischen Weg in der Physik setzte er dahin fort, daß der Schüler selbst Versuche auszuführen hatte. Es entstanden Übräume, wo Schülerversuche ausgeführt wurden, die den Klassenunterricht ergänzten. Zur Vertiefung wurden allmählich die messenden Versuche immer stärker betont, und es kam eine Art Forschungsverfahren zur Entwicklung, bei dem die Schüler aus eigenen

Beobachtungen Gesetze abzuleiten und Schlußfolgerungen zu prüfen hatten. Die organische Einordnung der Schülerversuche in den darbietenden Unterricht lieferte das Verfahren, wonach HAHN physikalische Schülerübungen praktisch gestaltete. In seinem Handbuch für die physikalischen Schülerübungen formte er den physikalischen Lehrstoff in Probleme um und suchte die beste Reihenfolge dieser Fragen zu finden. In einer Eingabe sagt HAHN selbst über sein Bestreben, die physikalischen Schülerübungen dem Schulbetrieb organisch einzugliedern: „Ich habe diese Aufgabe nur unter geradezu unmenschlichen Anstrengungen durchführen können." Die Gediegenheit des Wesens, die HAHN auszeichnete, und seine Liebe zur Wahrhaftigkeit schließen es aus, daß dieser Satz eine Übertreibung enthalten könnte. Er vollendete die 3. Auflage seines Handbuches ganz kurz vor seinem Tode unter Anspannung der letzten Lebenskräfte.

Im Kampfe gegen die Schwamm- und Kreidephysik stand HAHN auf vorgeschobenem Posten. Er wollte, daß der Lehrer auch an der kleinsten Dorfschule die Möglichkeit hätte, den Unterricht in der Naturlehre auf Versuche zu gründen. So ging er mit Begeisterung an den Plan, die Gesamtheit der Freihandversuche zusammenzustellen. Die wissenschaftliche Sammlung von Freihandversuchen, die der Historiker HAHN bearbeitete, sollte auch eine Vorarbeit werden für künftige Geschichtsschreiber. Er scheute weder Mühe noch Opfer, um den reichhaltigen Stoff vollständig zu sammeln. Mit dem bloßen Wiedergeben der Versuche begnügte er sich aber nicht, sondern er legte einen strengen kritischen Maßstab an die Beschreibungen, führte die Versuche selbst aus und fügte Maß- und Zahlenangaben hinzu, um durch diese Mühe versuchsfreudigen Lehrern Arbeit abzunehmen. Unablässig suchte HAHN das Geleistete zu vervollkommnen. Man braucht nur die beiden Auflagen des ersten Teiles der Freihandversuche (1905 und 1926) zu vergleichen, um das Ringen nach der besten Anordnung zu erkennen. Ebenso ist es bei den drei Auflagen des Handbuches. In den Büchern von HAHN lohnen die Dispositionen ein gründliches Studium, weil schon daraus äußerst wertvolle Belehrungen zu entnehmen sind.

Wie unablässig HAHN daran arbeitete, seine Lehrgänge im Schulunterricht so zu gestalten, daß sie einer strengen wissenschaftlichen Kritik standhalten konnten, zeigt seine als Heft 4 der Mitteilungen der Hauptstelle erschienene Schrift „Die Starre". Hier schildert er, wie er seinen Unterricht fortwährend umgestaltete, um den Schülern ständig die besten Auffassungen zu vermitteln. Darin konnte HAHN sich nie genug tun. Er hatte von der Universität ein umfangreiches Wissen mitgebracht, dessen Verflüchtigung oder Versteinerung er dadurch zu verhindern suchte, daß er die Fortschritte der Physik dauernd verfolgte. Es kam ihm bei der Beschäftigung mit Unterrichtsfragen nur auf die Sache an unter Ausschaltung aller persönlichen Rücksichten. In der Arbeit selbst fand er den Lohn für seine mühevolle Tätigkeit. Ist doch nach einem Worte des Mathematikers L. FUCHS „dieser Lohn invariabel und namentlich keine Funktion des Wohlwollens der Mitmenschen".

Alle Aufsätze HAHNs in unserer Zeitschrift stehen in enger Verbindung mit dem Unterricht. Hebung der Leistungsfähigkeit ist sein Ziel, wenn er Lehrverfahren gegeneinander abwägt, Schauversuche und Schülerversuche angibt, neue Geräte und Lehrmittel beschreibt. In dem Beitrag über die Geryk-Luftpumpe **14**, 285 (1901) ist zum ersten Male die Einrichtung der Ölluftpumpe dargelegt worden. Einen besonders wertvollen Schatz bilden HAHNs zahlreiche Bücherbesprechungen. Die Sicherheit seines Blickes für den wesentlichen Inhalt einer Schrift ist erstaunlich; seine Vielseitigkeit ermöglichte ihm, abweichenden Meinungen solche Auslegungen zu geben, daß stets auch Gutes zu bemerken war; sein scharfer Verstand holte oft aus einem Buche Zusammenhänge heraus, deren sich mancher Verfasser gar nicht bewußt geworden sein mag. Man konnte der Führung HAHNs durch Neuerscheinungen in der Literatur vertrauensvoll folgen, denn seine Sachlichkeit wahrte er unter allen Umständen. Geistvolle Bemerkungen, die von allgemeinen Gesichtspunkten aus Einzelheiten beurteilen, finden sich anspruchslos eingestreut, als wären sie nur nebenher hingeworfen.

HAHN arbeitete rastlos daran, wissenschaftlich auf der Höhe zu bleiben. Alles Wichtige „verzettelte" er, d. h. er schrieb es auf Quartblättern nieder. Konnte er etwas aus Mangel an Zeit nicht sofort ausführlich festlegen, so notierte er wenigstens die genaue Stellenangabe unter Beifügung einer Sachbemerkung im Telegrammstil. Seinen gesamten mathematischen und physikalischen Unterrichtsstoff mit zahlenmäßigen Berechnungen, mit Schau- und Übungsversuchen, mit Gerätebeschreibungen und Verbesserungsvorschlägen, mit Erfahrungen über Leistungsfähigkeit der Einrichtungen und kritischen Bemerkungen enthalten die nachgelassenen, in Kästen und Mappen geordneten Zettel. Unermüdlich gruppierte er immer wieder um; Blätter mit überholtem Inhalt wanderten in die Rumpelkammer, neue wurden eingefügt, Anmerkungen dazugeschrieben. Alles blieb ständig im Fluß. HAHN hat ganz gewiß nie denselben Unterrichtsgang auch nur zweimal in gleicher Weise durchgeführt. Stillstand galt ihm als Rückschritt, und er fand immer an seinem Verfahren zu bessern. Auf jede einzelne Unterrichtsstunde bereitete er sich vor. War die Zeit knapp, so suchte er mindestens die Zettel heraus, die er am nächsten Tage würde gebrauchen müssen; er packte seine Schulmappe für morgen. Die dem Historiker geläufige Sammeltätigkeit kam ihm bei der Bearbeitung der Freihandversuche und der Schülerversuche zustatten. Es ist keine Übertreibung, wenn er sagt, daß er 1900 „eine nahezu vollständige Kenntnis der amerikanischen und englischen Schriften über Schülerübungen" an das Dorotheenstädtische Realgymnasium mitbrachte. Zunächst verstand er, Quellen mit einem erstaunlichen Spürsinn aufzufinden; dann wußte er auch die größten Schwierigkeiten zu überwinden, um die Unterlagen in die Hand zu bekommen; endlich

brachte er erhebliche Geldopfer zum Ankauf wichtiger Bücher. Man durfte HAHN jedes Werk unbedenklich leihen; er gab es bestimmt zurück, oft schon nach kürzester Zeit mit dem Bemerken, daß er es sich inzwischen selbst beschafft habe.

Den Fortbildungsbedürfnissen der Lehrer kam HAHN als Mitleiter eines pädagogischen Seminars und in noch weiterem Umfange durch die zahlreichen von ihm veranstalteten Lehrgänge entgegen. Gebefreudig streute er aus seinen reichen Schätzen Kostbarkeiten unter die Menge. Mit Recht forderte er vom Lehrer ein auf eigenen Forschungsversuchen beruhendes Weiterarbeiten. Er selbst hatte stets kleinere oder größere experimentelle Untersuchungen im Gange. So stark sich der Kreis seines Wirkens im Laufe der Zeit auch vergrößerte, an seine persönlichen Bedürfnisse dachte er nicht. In den Physikräumen seiner Anstalt gab es eine Wolldecke, in die eingehüllt man HAHN gelegentlich auf dem Experimentiertisch liegen sehen konnte, wenn ein kurzes Ausruhen nicht mehr zu umgehen war. Begeisterung und Stimmung des Lehrers hatten nach seiner Überzeugung einen entscheidenden Einfluß auf den Schulbetrieb. Der Gründer und langjährige Vorsitzende des Berliner physikalischen Förderungsvereins R. HEYNE erzählt, daß nach seinen Jahrzehnte umfassenden Beobachtungen sogar die eifrigsten und treuesten Mitglieder regelmäßig im Verein lange unsichtbar wurden, sobald sie sich verheiratet hatten. Die einzige Ausnahme war HAHN. Nach der Hochzeit betätigte er sich bei allen Veranstaltungen ebenso wie vorher. Wo er sah, daß man ihn nötig hatte und er nützen konnte, versagte er sich eben nicht. Während des Weltkrieges, nach dessen Beginn er ganz allein die Hauptstelle aufzubauen hatte, war er wirklich so stark überlastet wie nur irgend jemand. Dennoch machte er es möglich, mir ausführliche Briefe ins Feindesland zu senden, ein teures Vermächtnis, das ich sorgsam hüte.

Große Mühe verwendete HAHN auf die Pflege der deutschen Sprache. Wie zu seiner Amtszeit stehen noch heute in dem Direktorzimmer der Hauptstelle neben den wichtigsten Fachwörter-Verdeutschungsbüchern, vom Schreibtisch aus greifbar, die Werke: G. WUSTMANN, Allerhand Sprachdummheiten; E. ENGEL, Gutes Deutsch; Entwelschung; der große Duden; A. HEINTZE, Deutscher Sprachhort; L. SÜTTERLIN, Die deutsche Sprache der Gegenwart; H. PAUL, Deutsches Wörterbuch; O. SARRAZIN, Verdeutschungs-Wörterbuch. Daß HAHN den Stil zu meistern wußte, zeigt sich in seinen Schriften vor allem da, wo sie einen polemischen Einschlag haben. Durch einfache und bestimmte Redewendungen suchte er den sprachlichen Ausdruck möglichst genau der darzustellenden Sache anzupassen. Ohne zu prunken, begnügte er sich mit gleichförmiger Entwicklung seiner Gedanken, und nur selten gab er Gefühlswallungen nach. In der Überzeugung, daß in der Physik die Fachleute den Wortschatz ihrer Muttersprache zu wenig kennen, schlug er unablässig Verdeutschungen von Fremdwörtern vor und regte die Physiklehrer zum Gebrauch der deutschen Sprache im Unterricht an. Die Bezeichnung „Starre" ist eine der vielen Wortschöpfungen HAHNs. Wo Volkssprache und Fachsprache voneinander abweichen, forderte er Nachgiebigkeit der Fachleute.

Wer sich so eingehend wie HAHN mit der Vervollkommnung seiner Lehrverfahren beschäftigt, muß das Wohl der Schüler im Auge haben. Die Schülerübungen waren ihm ein Mittel, der Jugend auch persönlich nahezukommen. Ein auf die Hebung seines Unterrichts bedachter Lehrer gerät leicht in den Ruf besonderer Strenge. Gewiß verlangte HAHN, der sich in seiner Lehrtätigkeit nie selbst genug tun konnte, Hingebung der Schüler an die Sache. Es ist kein leeres Gerede, wenn er sagt, daß der Lehrer nach den Übungen keinen trockenen Faden am Leibe haben dürfe, sondern so war HAHN wirklich. Wenn er auch Vieren und Fünfen anschrieb und in Zeugnisse bisweilen scharfe Prädikate eintrug, blieb seine grundgütige Natur doch unverkennbar. Er liebte die Jugend, und sie liebte ihn wieder und verehrte ihn. Dafür sei noch eine bezeichnende Einzelheit erwähnt. Die Zahl der Schülerinnen, die sich an ihn wandten mit der Bitte, er möchte ihnen ein Wort zu bleibender Erinnerung ins Stammbuch schreiben, hatte so zugenommen, daß diese Gefälligkeit eine Last für ihn wurde. Da ließ er sich einen Stempel anfertigen mit dem gerade für ihn charakteristischen Sinnspruch: Treu und fest! Er konnte sich nun mühelos in beliebig vielen Büchern verewigen, und fortan wurde es als ganz besondere Auszeichnung gedeutet, wenn „Hähnchen" seine Losung handschriftlich gab. Durch sein gemütvolles Wesen und seine Liebenswürdigkeit, denen ein feiner Humor nicht fehlte, schuf er eine behagliche Stimmung um sich. Als wir ihn auf dem weihevollen Friedhof an der Heerstraße im Grunewald zu Grabe geleiteten, konnte Pfarrer MEUMANN in seinem tiefempfundenen Nachruf darauf hinweisen, daß bis zur ersten Lehrtätigkeit zurück die verschiedensten Generationen der Schülerinnen und Schüler dem Toten die letzte Ehre erwiesen.

HERMANN HAHN war eine selbständige, scharf ausgeprägte Persönlichkeit mit entschiedenem Willen, ein Feind jeder Unklarheit im Denken, erfüllt von dem Idealismus, den B. SCHWALBE einmal so gekennzeichnet hat: „Ein ideales Streben ist ein solches, das ohne Rücksicht auf äußere Vorteile, mit ganzer Hingabe an den Gegenstand, unter Selbstaufopferung, ein der Menschheit förderliches Ziel verfolgt." Man hat HAHN einseitig genannt. Darin liegt kein Vorwurf, denn jede starke Persönlichkeit ist einseitig. Er verlangte nicht, daß man auf Gedeih und Verderb mit ihm zusammengehen müßte. Gegenteilige Ansichten erwog er mit vollem Ernst, und wenn ihn eine entgegenstehende Meinung nicht zu überzeugen vermochte, so erkannte er doch immer die tüchtige und gute Gesinnung des Andersdenkenden an. In allem Tun war er selbstlos; es kam diesem reichen Säemann nicht darauf an, ob andere die von ihm ausgeschütteten Goldkörner für sich ausbeuteten. Wenn man ihm aber Anschauungen, die er bekämpfte, als seine Verfahren unterzuschieben suchte, begehrte er auf und setzte sich

kräftig dagegen zur Wehr. Eine empfindliche Stelle traf, wer ihm unedle Motive nachsagte oder ihn in seinem Ehrgefühl verletzte; da konnte sogar Hahn, diese durchaus vornehme Natur, herzhaft hassen. Er beobachtete überall eine fast scheue Zurückhaltung und war in der Kunst der Selbstbeherrschung hervorragend geübt.

Es sei mir erlaubt, noch mein besonderes Verhältnis zu Hahn zu erwähnen. Mir ist er persönlich sehr lieb und wert gewesen, und ich glaube, daß er auch mir von Herzen zugetan war. Ich kenne ihn und sein gütiges Wesen genau, ich habe durch Jahrzehnte alle seine Bestrebungen miterlebt, und darum ist es eine wehmütige Freude für mich, ihm am ersten Jahrestage seines Todes Worte aufrichtiger Dankbarkeit nachzurufen. Als ich vor 30 Jahren, Seminarkandidat des Dorotheenstädtischen Realgymnasiums, Mitglied im Berliner Verein zur Förderung des physikalischen Unterrichts wurde, kam mir meine Kleinheit gegenüber den dort vortragenden und debattierenden Meistern so überwältigend zum Bewußtsein, daß ich es für ausgeschlossen hielt, in diesem Kreise bald heimisch zu werden. Da führte mich Hahn in die Nachsitzungen im Franziskaner ein. Hier lernte ich die „Größen" persönlich kennen, und die Empfindung der Unnahbarkeit war sehr schnell überwunden. In den vielen Nöten, die der Betrieb des pädagogischen Seminars durch B. Schwalbe mit sich brachte, war mir Hahn ein treuer Helfer, und nie trug er seine Überlegenheit zur Schau, so daß ich ihm meine Sorgen rückhaltlos anvertrauen konnte.

Ohne Zweifel hat Hahn in den vielen Jahren, in denen er forschte und lehrte, ein reich erfülltes Seelenleben geführt. Seine Lehrtätigkeit verlieh den Anstalten, wo er wirkte, nach außen hin einen gewissen Glanz, denn zahllose Hospitanten aus der ganzen Welt besuchten seinen Unterricht. Er fand treue Freunde in H. Black, B. Kolbe und vielen anderen bedeutenden Physikern des Auslandes. Die reichste und hoffnungsvollste Freude hat er vielleicht erlebt, als seine weitschauenden Pläne durch die Errichtung der Staatlichen Hauptstelle für den naturwissenschaftlichen Unterricht wenigstens in erster Annäherung ihre Erfüllung fanden. Die Möglichkeit, den mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht zu seiner vollen Leistungsfähigkeit zu erheben, m u ß ihm eine glückliche und befriedigte Stimmung bereitet haben. Nach seinem Ausscheiden nahm er, solange die Gesundheit es zuließ, auch weiter regsten Anteil an den Arbeiten der Hauptstelle, vermied es aber mit feinem Takt, zu inneren Angelegenheiten Stellung zu nehmen.

Der Schlaganfall, der ihn im Februar betroffen hatte, lähmte Körper und Geist des stets regsamen Mannes. Als sein bewährter Freund K. Rosenberg, den unsere Zeitschrift mit Stolz ihren Mitherausgeber nennen darf, ihm am 7. Februar 1929 einen lieben Gruß sandte, hatte die tückische Krankheit Hahns Bewußtsein schon so getrübt, daß er die ihm ausgedrückte herzliche Zuneigung nicht mehr empfinden konnte. Mit unendlicher Liebe und Aufopferung wurde er gepflegt, bis ihn endlich der Zwillingsbruder des Schlafes in seine Arme nahm. Nun ist ein Jahr vergangen, seit er uns verließ, und die schöne Blume der Pietät hat sich erschlossen und wird immer prächtiger aufblühen.

Wer das Glück hatte, Hermann Hahn näher zu treten, muß sich seiner immer erinnern. Die Werke, die er geschaffen, haben bleibenden Wert. Mögen sich recht viele Jünger finden, die sich seine Verfahren aneignen und den Weg weiter verfolgen, den er gewiesen hat. Have cara anima!

H. Matthée.

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Handbuch der Physik. Herausgegeben von H. Geiger und K. Scheel. Band XIII: Elektrizitätsbewegung in festen und flüssigen Körpern. Redigiert von W. Westphal. Berlin 1928, Julius Springer. VI und 672 Seiten, 222 Abbildungen. Geh. RM 55.50; geb. RM 58.—.

Im ersten der 15 Kapitel des Bandes behandelt E. Grüneisen-Marburg (Lahn) die metallische Leitfähigkeit, also den Elektrizitätstransport, der nicht mit dem Transport wägbarer Materie verbunden ist. Die Abhängigkeit des Widerstandes von Verunreinigungen, von der Temperatur, von der Kristallform usw. wird eingehend besprochen. Beim Flüssigwerden springt der Widerstand (bei vielen Metallen auf das Doppelte). Besondere Berücksichtigung erfährt die Supraleitung, d. h. die merkwürdige, bei Quecksilber, Zinn, Blei, Thallium und Indium beobachtete Erscheinung, daß bei einer bestimmten tiefen Temperatur (Sprungpunkt) der Widerstand sehr plötzlich auf ganz geringe Werte abfällt. Schon Kamerlingh Onnes, der Entdecker, hat mehrere Stunden währende Dauerströme beobachtet; nach einer Stunde war die Stromstärke noch bis auf $^1/_{40\,000}$ konstant. Starke Magnetfelder verschieben den Sprungpunkt zu tieferen Temperaturen. Von den Theorien der Stromleitung kann noch keine die Gesamtheit aller Erscheinungen erklären. Nach den neueren Vorstellungen zwängen sich die Leitungselektronen nicht zwischen den Atomen hindurch, sondern gehen von Atombereich zu Atombereich; der Widerstand entsteht durch Störung der Übergangsmöglichkeiten. Von Einzelheiten sei erwähnt, daß R. C. Tolman zum Nachweis der Elektronenleitung eine flache Drahtspule mit vielen Windungen dünnen Drahtes (Kupfer, Aluminium, Silber) um die auf der Windungsebene senkrechte Spulenachse in rasche Rotation versetzt und plötzlich angehalten hat; der dadurch bewirkte Stromstoß (Trägheitswirkung) ergab negative Ladung der Elektronen und einen guten Wert für e/m. — F. Noether-

Breslau erläutert die Berechnung von elektrischen Strömungsfeldern, und zwar von stationären und quasistationären Strömungen (Skineffekt, Wirbelströme usw.). Die lichtelektrischen Erscheinungen sind von einem der hervorragendsten Sachkenner bearbeitet; von B. GUDDEN-Erlangen. Hierher gehören alle Lichtabsorptionsvorgänge, die unmittelbar zur Auslösung von Elektronen aus ihrem Verbande führen, und zwar entweder an der Oberfläche oder im Innern des Körpers (äußere und innere lichtelektrische Wirkung). Die Stützen für die lichtelektrische Deutung der Erscheinungen sind einmal die genaue Proportionalität zwischen Lichtintensität und elektrischer Wirkung (Stromstärke) und zweitens die Trägheitslosigkeit. Eine umfassende theoretische Erklärung aller Erscheinungen gibt es noch nicht. Versuchstechnik und Messungsergebnisse werden eingehend dargestellt (reine lichtelektrische Ströme in monochromatischem Licht erreichen kaum 10^{-9} Amp.), ebenso der Einfluß adsorbierter und absorbierter Gase und der selektive Photoeffekt. Es folgen die Anwendungen der Photozelle: zur Messung von Lichtintensitäten, zur Registrierung schnell veränderlicher Intensitäten, zur Beobachtung von veränderlichen Sternen, endlich als Lichtrelais bei der Bildübertragung, den sprechenden Filmen usw. Die innere lichtelektrische Wirkung zeigt sich in der Erhöhung der Leitfähigkeit bei Belichtung (Selen, Antimonglanz; auch manche Isolatoren werden leitend). — A. GÜNTHERSCHULZE-Berlin behandelt die Theorie über den Austritt von Elektronen und Ionen aus glühenden Körpern. Das Problem ist, den Zustand der Elektronen und Ionen im Innern des glühenden Körpers mit ihrem Zustand im leeren Raum zu verknüpfen. Von den verschiedenen Theorien hat sich noch keine als die allein herrschende durchsetzen können. — Das Kapitel über Thermoelektrizität, von G. LASKI-Berlin, umfaßt Thermoströme (SEEBECK), PELTIER-Effekt (die Berührungsstelle zweier Leiter ändert die Temperatur, wenn sie von Strom durchflossen wird), THOMSON-Effekt (im homogenen, ungleich temperierten Leiter wird bei Stromdurchgang in jedem Volumelement Wärme erzeugt oder verbraucht), ihre Messung, ihre Abhängigkeit von äußeren Umständen, ihre praktische Verwendung (Messung von Temperaturen, von schwachen Strömen, Strahlungsmessung, Stromeffekt in Hochfrequenzkreisen, elektrothermische Kühlung usw.). — W. GERLACH-Tübingen behandelt den Einfluß eines magnetischen Feldes auf einen senkrecht zu ihm fließenden elektrischen oder Wärmestrom. — Das nächste Kapitel bringt die elektrolytische Leitung in festen Körpern, von G. v. HEVESY-Freiburg i. Br. Es handelt sich hier hauptsächlich um feste salzartige Verbindungen. Diese gehören im geschmolzenen Zustande zu den besten Elektrolyten; beim Erstarren wird die Beweglichkeit der Ionen gehemmt; der Widerstand steigt beträchtlich (bei Natriumnitrat z. B. auf das 20000fache). — H. FALKENHAGEN-Leipzig behandelt die Pyro- und die Piezoelektrizität. Beide Erscheinungen sind umkehrbar. Wichtig ist die Feststellung, daß sicher der größte Teil der Pyroelektrizität auf der Ausdehnung des Körpers beruht, also auf Piezoelektrizität zurückgeht. Ob es darüber hinaus wahre Pyroelektrizität gibt, ist noch unentschieden. (Anwendung: Quarzstäbchen als Frequenznormalen in der Hochfrequenztechnik.) — Es folgen nun die Kapitel über Berührungs- und Reibungselektrizität und über Wasserfallelektrizität von A. COEHN-Göttingen. Das Problem, die bei Berührung zweier Stoffe auftretende elektrische Aufladung mit den physikalischen und chemischen Eigenschaften dieser Stoffe gesetzmäßig zu verknüpfen, ist für Elektrolyte und Metalle weitgehend durchforscht; für Dielektrika ist es sehr viel schwieriger und noch voller ungelöster Fragen. „Wasserfallelektrizität" bemerkt man bei Wasserfällen, plätschernden Bächen, Regen; Strahlen reinen Wassers, die auf ein Hindernis stoßen, werden selbst positiv elektrisch und verbreiten in der Luft negative Elektrizität. Salzgehalt des Wassers ändert die Erscheinungen etwas ab. — Nach zwei kürzeren Kapiteln über Elektrokinetik und Elektrokapillarität, von G. ETTISCH-Berlin, folgt der umfangreiche Abschnitt über Elektrizitätsleitung in Flüssigkeiten und die Theorie der elektrolytischen Dissoziation, von E. BAARS-Marburg (Lahn). Er gibt eine ausführliche, sehr klare Übersicht über die experimentellen Tatsachen und ihre theoretische Deutung. Die klassische Theorie mit ihren großen Erfolgen, aber auch ihren Schwierigkeiten bei den starken Elektrolyten wird eingehend behandelt; danach wird die neuere Theorie dargelegt. Umfangreicher und komplizierter als die Vorgänge in den Elektrolyten selbst sind die an der Grenze zwischen Elektrolyt und Elektrode. Hier treten sekundäre Prozesse verschiedener Art, Polarisationen usw. ein, wodurch die Erscheinung undeutlich wird. Eigenartig sind gewisse Passivitätserscheinungen (versucht man etwa eine Nickelelektrode durch anodische Behandlung in verdünnter Schwefelsäure zu lösen, so gelingt das nur bei sehr geringen Stromdichten; bei höherer Dichte wird Nickel praktisch unlösbar wie ein Edelmetall). — Im letzten Kapitel endlich gibt H. v. STEINWEHR-Berlin eine klare und ausführliche Darstellung der galvanischen Elemente.

Das vorstehende kurze Referat dürfte bereits eine, wenn auch sehr schwache Vorstellung von dem überaus reichen Inhalt des vorliegenden Bandes geben. Er gehört unbedingt zu denen, deren Inhalt auch den Lehrer an höheren Schulen in hervorragendem Maße interessiert. *E. Lamla.*

Handbuch der Physik. Herausgegeben von H. GEIGER und K. SCHEEL. Band XII: Theorien der Elektrizität, Elektrostatik. Redigiert von W. WESTPHAL. Berlin 1927, Julius Springer. VII und 564 Seiten, 112 Abbildungen. Geh. RM 46.50; geb. RM 49.—.

Der vorliegende Band hat einen wesentlich theoretischen Charakter. In den beiden ersten der 5 Kapitel, die er enthält, behandelt F. ZERNER-Wien die MAXWELL-HERTZsche Theorie und die

Elektronentheorie. Nach einer kurzen Zusammenstellung der Grunderscheinungen der Elektro- und Magnetostatik und des stationären elektrischen Stromes, die zum Teil historisch gestaltet ist, geht Verf. zu der Wechselwirkung zwischen Strömen und Magneten über. Er behandelt hier die Untersuchungen und Gesetze vom Ampère, Neumann, Weber u. a. Hier ist die Fernwirkungstheorie maßgebend. Im Gegensatz zu ihr stellt die Nahewirkungstheorie nicht mehr die Aufgabe, die Eigenschaften der Kraftzentren zu erforschen, sondern diejenigen Größen aufzufinden, die den Zustand des Feldes charakterisieren. Verf. legt besonderes Gewicht darauf, die mechanischen Analogien aufzuzeigen, die Maxwell bei der Herleitung seiner Gleichungen herangezogen hat. Die allgemeinen Theoreme und die vorhandenen Lösungsmethoden werden ziemlich eingehend dargestellt. (Fortschreitende und stehende Wellen, Brechung, Beugung usw.) — Das zweite Kapitel behandelt nach den Grundlagen der Elektronentheorie die Dynamik des Elektrons (Felder bewegter Elektronen, Bremsstrahlung, Magnetonen usw.) und die elektromagnetischen Eigenschaften der Materie auf Grund der Elektronentheorie. Beide Kapitel vermitteln einen guten Überblick über die vorhandenen Arbeiten und werden jedem, der sich hier weiter beschäftigen will, die besten Dienste leisten. — H. Thirring-Wien hat das dritte Kapitel verfaßt: Elektrodynamik bewegter Körper und spezielle Relativitätstheorie. Das zugrundeliegende Problem, ob bewegte Körper den Äther mitführen, stammt noch aus der Zeit, wo die Streitfrage zwischen Emissions- und Undulationstheorie noch als unentschieden galt. Die Aberration der Fixsterne, die nach der Emissionstheorie ohne weiteres verständlich war, stellte die Anhänger der Undulationstheorie vor das genannte Problem. Fresnel nahm an, daß der Äther teilweise von der Erde mitgenommen werde. Die weiteren Lösungsversuche sind bekannt (Lorentzscher ruhender Äther). Auch die übrigen hierher gehörigen Tatsachen werden besprochen (Dopplereffekt, Versuche von Fizeau, Rowland, Röntgen und Eichenwald, Wilson u. a.), vor allem die sog. Ätherdriftversuche (Michelson, Morley und Miller; Trouton und Noble). Nachdem Verf. die Theorie von Ritz (Abhängigkeit der Lichtgeschwindigkeit von dem Bewegungszustand der Lichtquelle) und ihre Widerlegung durch de Sitter besprochen hat, geht er zur speziellen Relativitätstheorie über und gibt hier eine knappe, aber sehr klare und gut verständliche Zusammenstellung über die Kinematik und die Elektrodynamik des leeren Raumes sowie der bewegten ponderablen Körper. — Das vierte Kapitel, von F. Kottler-Wien, behandelt die allgemeinen experimentellen und vor allem theoretischen Grundlagen der Elektrostatik sowie die Verteilung der Elektrizität auf Leitern. Ausgangspunkt für die Theorie ist das Coulombsche Kraftgesetz, das auf die Lagrange-Poissonsche Differentialgleichung führt und die Aufgaben der Elektrostatik zu Randwertproblemen macht. Verf. gibt die Lösung einer sehr großen Menge von speziellen Fällen, die für den Mathematiker sehr reizvoll sind (konforme Abbildungen bei den zweidimensionalen Problemen) und die dem Physiker, der mit diesem Gebiet zu tun hat, wertvolles Rüstzeug bieten. — Im letzten Kapitel behandelt A. Günther-Schulze-Berlin die Dielektrika. Verf. untersucht die aufgestellten Theorien und ihren Wert im einzelnen. Die Messungen haben noch nicht zu einer endgültigen Entscheidung zwischen den Theorien geführt. Überhaupt gibt es hier noch viele ungelöste Probleme (z. B. dielektrische Verluste betreffend); es hängt das zum Teil damit zusammen, daß manche schwierigeren Messungen (z. B. elektrische Festigkeit) zwar mit großer Genauigkeit, aber fast nur an technischen Materialien, nicht an chemisch reinen, wohl definierten Substanzen vorgenommen worden sind.

Auf eine interessante Einzelheit sei hingewiesen: Es ist den japanischen Forschern Satô und Eguchi (1922 bzw. 1925) gelungen, sog. „Elektrete", d. h. im gesamten Volumen permanent polarisierte Dielektrika herzustellen. Sie lassen Flüssigkeiten, die aus Dipolen bestehen (erwärmte Mischungen von Wachs und Harz), in starken elektrischen Feldern erstarren. Nach dem Festwerden behalten diese die Polarisation bei und zeigen starke Oberflächenladung, die weder durch Abkratzen noch durch Abwaschen mit Salzsäure usw. zu beseitigen ist.

Zusammenfassend ist zu sagen, daß der vorliegende Band, wie schon oben hervorgehoben, im wesentlichen mehr theoretischer Natur ist. Wenn er daher auch von dem Physiklehrer an höheren Schulen vielleicht weniger oft herangezogen wird als mancher andere, so muß doch festgestellt werden, daß er in knapper, aber sehr klarer und guter Form eine sehr reichhaltige Übersicht über die einschlägigen Probleme und ihre Lösungen gibt und jedem, der in den betreffenden Gebieten arbeiten will, ein willkommener Führer sein wird. *E. Lamla.*

Handbuch der Physik. Herausgegeben von H. Geiger und K. Scheel. Band XVIII: Geometrische Optik. Optische Konstante. Optische Instrumente. Redigiert von H. Konen. Mit 688 Abbildungen. XIX, 865 S. Berlin 1927, Julius Springer. Geh. RM 72.—; geb. RM 74.40.

Der vorliegende Band ist der erste der 4 Bände des Handbuchs, die der Optik gewidmet sind. Er behandelt im wesentlichen die geometrische Optik, ihre vielseitige Verwendbarkeit und ihre Grenzen. W. Mertè zeigt zunächst, daß die 3 Sätze: das Grundgesetz der Spiegelung und der Brechung, der Fermatsche Satz (Prinzip des kürzesten Lichtweges) und der Malussche Satz (ein von Lichtstrahlen gebildetes Normalensystem bleibt bei beliebiger Spiegelung und Brechung stets ein Normalensystem) so voneinander abhängen, daß, wenn der eine gilt, die beiden anderen notwendig aus ihm folgen. Man kann bei der Behandlung von Problemen der geometrischen Optik entweder von den allgemeinen Sätzen aus-

gehen oder von speziellen Fragen. Die allgemeine Methode ist wichtig, um Zusammenhänge aufzudecken und zu klären, sie ist aber meist sehr schwer zu handhaben. Wie Verfasser scharf hervorhebt, ist stets zu bedenken, daß alle Methoden der geometrischen Optik, die mit unendlich engen Lichtbündeln arbeiten, und die eine strahlenwie punktweise Abbildung des Dingraums auf den Bildraum allgemein voraussetzen, als mathematische Theorien einwandfrei sind, daß ihre genaue physikalische Verwirklichung aber im schärfsten Widerspruch zur Natur des Lichtes steht; dennoch sind sie als physikalische Arbeitshypothese in der Theorie der optischen Instrumente nach dem heutigen Stand nicht zu entbehren, weil sie den Abbildungsvorgang in erster Annäherung darstellen. Verfasser behandelt sodann die allgemeinen geometrischen Abbildungsgesetze, danach die Realisierung der Abbildung durch Kugelflächen. Die „Bildfehler", d. h. die Abweichungen der Bildstrahlenvereinigung beim Gebrauch von Linsen und Spiegeln von der idealen (Gaussischen) Abbildung sucht man so herabzudrücken, daß sie für die gerade in Frage stehende optische Leistung nicht störend ist. Es gibt heute eine große Reihe von optischen Anordnungen, die sowohl hinsichtlich der Öffnung der abbildenden Strahlen als auch in bezug auf Ausdehnung des Gesichtsfeldes ganz gewaltig über den Rahmen der idealen Abbildung hinausgehen. Zur Auffindung kann man 2 Wege beschreiten: man kann entweder einen oder mehrere Strahlen endlicher Neigung in ihrem Verlauf durch das ganze optische System bis zum Bildraum verfolgen; oder man kann einen ganzen Bereich strahlenweiser Abbildung untersuchen, indem man die ideale Gaussische Abbildung als Annäherung erster Ordnung durch Zusatzglieder auf eine Annäherung höherer Ordnung bringt. Das erste Verfahren liefert exakte Einzelergebnisse; das zweite liefert — allerdings nur approximative — Aussagen über den ganzen Bereich. Verfasser führt die Betrachtungen für einzelne Fälle durch. Die weiteren hierher gehörigen Abschnitte über Linsenfolgen mit nichtsphärischen Flächen und über die Wirkung des Auffangschirmes und der Strahlenbegrenzung in optischen Folgen stammen ebenso wie die über die Strahlenvermittlung durch optische Geräte von H. Boegehold-Jena bzw. von O. Eppenstein-Jena. Die Brechung an ebenen Flächen und die Abbildung durch Prismen behandelt H. Hartinger-Jena. Das Kapitel wird beschlossen durch einen interessanten Abschnitt über die Beziehungen der geometrischen Optik zur Wellenoptik von F. Jentzsch-Berlin. Verfasser zeigt, daß sich die geometrische Optik als Grenzfall der Wellenoptik für den Fall $\lambda = 0$ oder $\nu = \infty$ darstellt, und zugleich, daß die Vernachlässigung der Glieder mit λ und λ^2 nicht möglich ist in der Schattengrenze und an den Brennpunkten und Brennflächen. Praktisch ist besonders der zweite Fall wichtig. Das Verhalten des Lichtes in den Brennpunkten wird einer näheren Betrachtung unterzogen, ebenso die Abbildung von selbstleuchtenden und nicht selbst leuchtenden Körpern und die Aberration.

Im zweiten Kapitel werden besondere optische Instrumente behandelt, und zwar zunächst Spiegel und Prismen und die daraus entstehenden verschiedensten Instrumente (F. Löwe-Jena), danach das Auge und das Sehen, das Brillenglas und die Brille, das photographische Objektiv (M. v. Rohr-Jena), Beleuchtungsvorrichtungen und Bildwerfer (H. Boegehold-Jena), Lupe und zusammengesetzte Mikroskope (von demselben), Fernrohre (W. O. Eppenstein-Jena). Die Verfasser geben auf etwa 320 Seiten eine sehr eingehende Behandlung des Gegenstandes einschließlich der verschiedenen Anwendungen. Besonders die Abschnitte über das Auge, über Mikroskop und Fernrohr werden auch den Lehrer an höheren Schulen in starkem Maß interessieren. Zu bedauern ist es, daß der Verfasser des letzten Abschnittes die Methoden von Michelson u. a. zur Steigerung der Auflösungsfähigkeit des Fernrohrs, „die nicht mit Bildern der Gegenstände, sondern mit Interferenzerscheinungen arbeiten", nicht behandelt, weil sie „nicht in diese Darstellung gehören". Da sie naturgemäß in ein anderes Kapitel als in das über die Fernrohre noch weniger passen, so fehlt, so weit man sehen kann, eine genauere Behandlung dieser doch immerhin physikalisch interessanten und für die praktische Astronomie bedeutsamen Methode in dem Handbuch ganz; nur im Band XIX wird sie einmal kurz erwähnt.

Das dritte und letzte Kapitel, von H. Kessler-Jena, enthält mehr als die Überschrift „Optische Konstante" vermuten läßt, nämlich einmal die Methoden und Apparate zur Bestimmung der Brechungszahlen von Gasen, flüssigen und festen Körpern, Kristallen usw., auch für das unsichtbare Gebiet, sodann aber auch die Methoden zur Prüfung von optischen Instrumenten, Linsen, Spiegeln, Mikroskopen, Fernrohren usw., und zwar zur Bestimmung der Konstruktionselemente (Radien, Dicken usw.), zur Messung der Grundgrößen der optischen Abbildung (Brennweiten, Haupt- und Knotenpunkte usw.), zur Untersuchung des Korrektionszustandes von optischen Systemen (Glasprüfung, Flächengüte, Linsenfolgen, Spiegel), endlich zur Feststellung der Wirkung der Strahlenbegrenzung in optischen Instrumenten. In diesem Kapitel findet der optisch arbeitende Physiker ein sehr reiches Material in trefflicher Anordnung und Darstellung.

Der vorliegende Band reiht sich den übrigen Bänden des Handbuches würdig an; er bietet, wie schon aus der kurzen Inhaltszusammenstellung hervorgeht, auch für den Lehrer an höheren Schulen recht viel Interessantes und Verwertbares. *Lamla.*

Lehrbuch der Physik. Von Börner-Semiller. 1. Teil: Unterstufe der Physik. Neubearbeitet von Adolf Semiller†. 256 Seiten mit 307 in den Text gedruckten Abbildungen. Berlin 1928, Weidmannsche Buchhandlung.

Das Börnersche Lehrbuch der Physik erscheint hier in neuer Bearbeitung von Adolf

Semiller, der leider inzwischen verstorben ist. Er hat das Buch von Grund aus umgestaltet, besonders was Stoffauswahl und Darstellung anbelangt. Die technischen Anwendungen der Physik sind recht ausführlich dargestellt. Damit kommt das Buch bewußt dem großen Interesse unserer Tertianer für alles Technische entgegen. Denn die Technik liegt unseren Jungen heute viel näher als alles Sprachliche und rein Theoretische. Hier sind besonders die Abschnitte über „Luftfahrzeuge", „Wärmekraftmaschinen", „elektrische Maschinen" und „elektrische Schwingungen mit drahtloser Telegraphie und Telephonie" zu nennen. Daß die Klima- und Witterungskunde nur auf der Oberstufe behandelt werden soll — hier in der Unterstufe fehlt sie —, will Ref. nicht recht scheinen. Auch Schüler mit der „mittleren Reife" müssen doch von diesen elementaren Dingen gehört haben. „Aus didaktischen und methodischen Erwägungen heraus" ist hier die Elektronenlehre gleich an den Anfang der Elektrizitätslehre gestellt und wird dann fortwährend zur Erklärung der elektrischen Erscheinungen gebraucht. Die Einführung der Elektronenlehre (§ 221), die unter anderem auch den Atomkern nennt mit seiner positiven Ladung, scheint Ref. doch zu sehr Verbalwissen zu vermitteln. Sie ist an dieser Stelle auch nicht begründet. Hier geht der Bearbeiter auch von dem historischen Weg der Forschung, der im Vorwort mit Recht als der zweckmäßigste hingestellt wird, gewaltig ab. In der weiteren Darstellung der Elektrizitätslehre tritt dies dann aber nicht so stark hervor, da sich der Bearbeiter meist mit einfachen Worten, wie „Elektrizitätsteilchen" u. a. begnügt. Angenehm fällt auf, daß der Bearbeiter überall bemüht war, die Begriffe scharf herauszuarbeiten. Überflüssig erscheinen dem Ref. einige Abbildungen, wie z. B. Abb. 284, 288 und 299, sowie einige versuchstechnische Bemerkungen dazu, die in solchem Lehrbuch für die Hand der Schüler nutzlos sind. Diese kleinen Mängel setzen aber den Wert der ganzen Bearbeitung nicht herab, ist sie doch mit großer Sorgfalt durchgeführt und nimmt auch überall Rücksicht auf Schülerübungen. *A. Wenzel.*

Vorschule der Physik. Von P. Spies. 2. Aufl. neu bearbeitet von Dr. A. Wenzel. Berlin 1929. Winckelmann u. Söhne.

Der Bearbeiter hat die Vorschule der Physik von Spies im Sinne der preußischen Richtlinien von 1925 umgearbeitet. Es ist eine historische Angelegenheit daraus geworden. Um das Verständnis für das Behandelte zu vertiefen und zur Verbreiterung der Wissensbasis zu dienen, wurde eine große Anzahl Aufgaben unter der Sammelbezeichnung „Übungen" neu aufgenommen. Stehen geblieben ist auf S. 14 der allgemeine Energiesatz. Für die 3. Aufl. möchte der Berichterstatter den umgekehrten Weg vorschlagen: die Übungen als breite Basis an den Anfang zu stellen, auch wenn sie nicht von allen als Schülerübungen, sondern nur von einzelnen als Schauversuche ausgeführt werden können, die historischen Angaben in kurzen Absätzen zusammenzufassen und den Energiesatz an den Schluß zu stellen. *Grohmann.*

Physikalisches Arbeitsbuch. 1. Teil: Unterstufe. Von O.-St.-Dir. Dr. Erich Günther in Dresden. Frankfurt a. M. 1928, Moritz Diesterweg. 238 Seiten. 168 Abbildungen und 4 Tafeln. Geb. RM 4.60.

Das Buch stellt, wie der Verfasser sagt, einen Versuch dar, die Strömungen des physikalischen Arbeitsunterrichts der letzten Jahre praktisch zusammenzufassen. Es will ein Wegweiser sein und mit dem modernen, beweglichen Unterricht in engerer Fühlung stehen als das systematische Lehrbuch. Es ist für die Hand des Schülers bestimmt und soll unter Umständen ein systematisches Lehrbuch entbehrlich machen.

Der physikalische Lehrstoff wird in Form von experimentell zu lösenden Aufgaben dargeboten. Der Schülerversuch wird grundsätzlich zum Ausgangspunkt genommen. Durch die hinter der Aufgabe stehenden Buchstaben F, FG oder A wird angegeben, ob die Aufgabe in gleicher Front zu lösen ist, ob dabei die einzelnen Gruppen etwa in bezug auf das Material voneinander abweichen können, oder ob endlich, bei physikalischen Arbeitsgemeinschaften, dieselbe Aufgabe von verschiedenen Gruppen nach verschiedenen Methoden zu behandeln ist. Durch D sind Demonstrationsaufgaben charakterisiert, deren Ausführung am besten dem Lehrer selbst überlassen bleibt. Mit W sind Werkaufgaben bezeichnet, zu deren Bearbeitung einfache Vorrichtungen herzustellen sind, mit H endlich solche, deren Lösung außerhalb der Schule erfolgen kann. Die Gliederung des Stoffes ist nach der bei den systematischen Lehrbüchern üblichen Art erfolgt. Ein Kapitel über die Messung von Längen, Zeiten usw. geht voran; den Schluß bildet ein Abschnitt über Energieumwandlung.

Das Material an Aufgaben ist reichhaltig und bleibt es auch dann noch, wenn wir, von preußischen Verhältnissen ausgehend, eine Reihe von Aufgaben auf die Oberstufe verweisen müssen, z. B. Luftthermometer, Reduktion eines Gasvolumens, wagerechter Wurf, Taylorsche Schwingungsformel. Neben den bekannten Aufgaben finden wir auch manche, die der Verfasser in seinem eigenen Unterricht entwickelt hat. Jeder Physiklehrer, der an die Organisation physikalischer Schülerübungen herangeht, wird aus dem Buche Anregungen schöpfen können.

P. Henckel.

AEF Verhandlungen des Ausschusses für Einheiten und Formelgrößen in den Jahren 1907 bis 1927. Herausgegeben im Auftrage des AEF von J. Wallot. Berlin 1928, Julius Springer. 48 Seiten. Geh. RM 5.—.

Das Heft beginnt mit der Satzung, dem Mitgliederverzeichnis und der Geschäftsordnung des AEF. Der eigentliche Inhalt zerfällt in drei Teile: 1. „Zeichen", 2. „Sätze", 3. „Entwürfe". Die Entwürfe werden zur Diskussion gestellt,

während die Zeichen und Sätze bereits als angenommen gelten. Eine Ausnahme macht der Satz 9 (Masse und Gewicht), der einer erneuten Prüfung unterzogen werden muß, da gegen ihn Einwendungen erhoben worden sind. [Siehe z. B. Zeitschrift für technische Physik 1927, **6**, S. 209 und **9**, S. 373.] Jeder einzelnen Liste sind Erläuterungen beigegeben, die zum Teil sehr ausführlich sind. Aus diesen Erläuterungen erkennt man, welche großen Schwierigkeiten die Bearbeiter zu überwinden hatten. Die Schwierigkeiten liegen einerseits auf wissenschaftlichem Gebiet. Die in den Listen notwendigen kurzen Begriffsbestimmungen sind nicht leicht zu geben und erfordern tiefschürfende Arbeit. Andererseits bestehen Schwierigkeiten praktischer Natur insofern, als man nicht allein nach wissenschaftlichen Gesichtspunkten die Definition der Begriffe und Einheiten geben kann, sondern auf das bereits in der Praxis Vorhandene Rücksicht nehmen muß.

Das Studium des Heftes ist jedem Physiker, besonders aber jedem Physiklehrer, zu empfehlen.

P. Henckel.

Das neue Denken. Von Hermann Herrigel. Berlin o. J., Lambert Schneider.

Dieses sehr bemerkenswerte Buch sieht in Galilei, nicht ganz mit Unrecht, in der Tat den Begründer eines „neuen Denkens". Die Absicht des Verfassers, die Unmöglichkeit einer Weltanschauungsbildung aus wissenschaftlich-prinzipiellen Aufstellungen abzuleiten, rankt sich an Galileis Verfahren und Persönlichkeit auf. Das letzte Ziel des Buches freilich geht hierüber weit hinaus und strebt einem neuen Irrationalismus zu.

Ernst Goldbeck.

Grundbegriffe der Chemie. Von Adalbert Deckert. 47 S. Leipzig 1929, Dr. Max Jänecke.

Das vorliegende Heftchen versucht, den völligen Laien in die Grundbegriffe der Chemie einzuführen. Dazu ist weder ein methodischer, noch der systematische Weg eingeschlagen, sondern es sind die Hauptbegriffe, wie z. B. Oxydation, Salze, elektrolytische Dissoziation herausgegriffen und ohne Experimente zu erklären versucht. Das ist nun leider nicht überall mit der wünschenswerten Klarheit gelungen; besonders die Begründungen sind zuweilen mangelhaft, oder der Verfasser hat ganz darauf verzichtet. Außerdem finden sich in dem Heft eine Reihe von Fehlern, die sachlich irreleiten und unbedingt hätten vermieden werden müssen. Im großen und ganzen handelt es sich also um eine Aufzählung von Theorien und Tatsachen, die besonders im organischen Teil dazu ausartet, ganze Reihen von Verbindungen nur als Formeln niederzuschreiben.

Vielleicht ist das aber gerade die Absicht des Verfassers. Die zum Schluß angefügte Tabelle der Formeln der verschiedensten Verbindungen läßt diesen Schluß zu. Damit kommt das Buch aber meines Erachtens als Schullehrbuch, das es nach dem Vorwort doch sein soll, nicht in Frage,

A. Isberg.

Lehrbuch der Chemie für höhere Lehranstalten (Oberstufe). Von Prof. R. Winderlich. 213 Seiten mit 147 Abbildungen. Braunschweig 1928, Friedr. Vieweg u. Sohn A.G. RM 4.60.

Die für Gymnasien, Realgymnasien und Mädchenbildungsanstalten bestimmte neu erschienene Oberstufe von Winderlich ist gegenüber dem früher erschienenen Lehrbuch stark gekürzt, gleicht diesem aber in seiner Anlage. Es ist streng systematisch aufgebaut, geht bei der Einführung von Elementen meist den geschichtlichen Weg zu ihrer Darstellung und entwickelt das Lehrgebäude der Chemie auf Grund von Lehrer- und Schülerversuchen, die zahlreich und gut ausgewählt sind. Viele Abbildungen der Versuchsanordnungen erleichtern die Durchführung. Methodisch kann man sich mit dem Werk nicht in allen Teilen einverstanden erklären. Wenn im Eingangskapitel bei der Darstellung des Sauerstoffs $AgCO_3$, Pb_3O_4, $KMnO_4$ usw. benutzt werden, so muß diese Fülle unbekannter Stoffe auf die Schüler sicher verwirrend wirken. Die im Anfang experimentell abgeleiteten Gasgesetze, die Besprechung des Joule-Tompson-Effekts und der Lindeschen Luftverflüssigungsmaschine könnte man getrost der Physik überlassen. Schon anschließend an die Besprechung von Sauerstoff und Wasserstoff ist außer der Ionenlehre die ganze Theorie (Atome, Moleküle, Wertigkeit) in Kürze behandelt, ohne daß die Schüler die nötige experimentelle Grundlage zum Verständnis dieser schwierigen Dinge erarbeitet haben. Die Gesetze der konstanten und multiplen Proportionen sind gar nicht erwähnt. Die Besprechung der chemischen Zeichen und Formeln, die von vornherein benutzt werden, ist meines Erachtens unbedingt zu kurz gekommen. Auch erscheint es mir nicht ganz einwandfrei, aus den Vorgängen bei der partiellen Verdampfung der flüssigen Luft allein den Unterschied zwischen einem physikalischen Gemenge und einer chemischen Verbindung festzulegen. Erwähnt sei, daß das Buch allerdings häufig auf die Unterstufe verweist, doch sollte ein Lehrbuch für die Oberstufe ein in sich geschlossenes Ganzes sein. Die Geschichte der Chemie ist überall berücksichtigt worden, die Kristallsysteme sind bei den typischen Vertretern entwickelt, z. B. das reguläre beim Pyrit, das hexagonale beim Quarz, das rhombische beim Aragonit, das monokline beim Gips usw. Im Gegensatz dazu ist die Mineralogie ziemlich kurz behandelt. Die Ionentheorie wird im Anschluß an das Kupfer besprochen und allein auf die Umsetzungen in wässerigen Lösungen aufgebaut. Die Erscheinungen des osmotischen Drucks, der Gefrierpunktserniedrigung und Siedepunktserhöhung, die erst im organischen Teil bei der Besprechung der Darstellung von Zucker aus Rüben behandelt wird, gehören unbedingt hierher, da sie ebenso wie die Fällungsreaktionen einer Erklärung bedürfen, die die Ionentheorie zu bieten vermag. Das Schlußkapitel bringt kurz die wichtigsten Tatsachen der Radioaktivität, und in einer Fußnote dazu ist das Problem des Atombaues angesprochen.

Der organische Teil weicht in seiner Anlage von der üblichen ab. Er geht vom Alkohol als bekanntestem Stoff aus, behandelt dann kurz die Elementaranalyse, das Gärungsgewebe, sowie die wichtigsten aliphatischen und aromatischen Verbindungen, insbesondere Fette, Kohlehydrate und Eiweißstoffe. Auch die Farbstoffe sind berücksichtigt, sogar komplizierte Formeln, z. B. vom Alizarin, gegeben. Auch der theoretische organische Teil kommt zu seinem Recht. Es werden die Isomerieerscheinungen, das optisch aktive Kohlenstoffatom, die Benzolformel u. a. besprochen.

Alles in allem gibt das Buch Winderlichs einen systematischen Überblick über die gesamte Chemie und ihre Technologie in knapper, leicht faßlicher Form. Es zeichnet sich durch zahlreiche gute Abbildungen aus und dürfte im Unterricht vielseitige Verwendung finden. *A. Isberg.*

Anleitung zur qualitativen chemischen Analyse. Von Prof. Dr. H. Hlasiwetz. 17. Aufl., bearb. von Dr. G. Vortmann. Leipzig u. Wien 1928, Franz Deuticke. 54 S. Preis geh. RM 1.60.

Diese Anleitung zur qualitativen Analyse ist kein Lehrbuch der analytischen Chemie, sondern für den Gebrauch am Arbeitstisch im Laboratorium bestimmt. Es bietet vor anderen Büchern dieser Art daher nichts Neues, zeichnet sich aber durch seine knappe und übersichtliche Form aus. Inhaltlich werden die üblichen Vorproben, Lösungsverfahren, Aufschlüsse und der Analysengang geboten; als Anhang ist die Natriumsulfidmethode, die den Schwefelwasserstoff durch Natriumsulfid ersetzt, aufgenommen worden. Das Büchlein ist aus der Praxis für die Praxis geschrieben und daher im Laboratorium sicherlich mit Vorteil zu verwenden. Nur die österreichische Ausdrucksweise mutet uns zuweilen etwas sonderbar an. *A. Isberg.*

Die Maßanalyse. Von J. M. Kolthoff, unter Mitwirkung von Dr. Ing. H. Menzel. II. Teil: Die Praxis der Maßanalyse. Berlin 1928, Julius Springer. 512 Seiten mit 18 Abbildungen. Geb. RM 21.60.

Die Maßanalyse hat sich in den letzten Jahrzehnten stark weiterentwickelt und zu den altbewährten Methoden zahlreiche neue Anwendungsgebiete erobert. Die Arbeitsmethoden sind exakter, aber auch umständlicher geworden und erfordern sorgfältige Vorprüfungen, sowohl hinsichtlich der Genauigkeit der Meßgeräte wie der Reinheit der Titersubstanzen und der Zuverlässigkeit der Indikatoren. In der kritischen Nachprüfung gerade dieser Genauigkeit derjenigen maßanalytischen Methoden, welche praktische Bedeutung erlangt haben, besteht die Hauptaufgabe des vorliegenden Buches. Die theoretischen Grundlagen der Maßanalyse sind von dem Verfasser in dem 1927 erschienenen I. Band behandelt (s. diese Zeitschrift 41, 201; 1928). Der hier vorliegende II. Band gilt daher in erster Linie der Praxis.

Unter den drei Hauptkapiteln: 1. Neutralisationsanalysen, 2. Fällungs- bzw. Komplexbildungsanalysen, 3. Oxydations- und Reduktionsreaktionen werden die gebräuchlichsten maßanalytischen Methoden an Beispielen genau beschrieben. Die Bemerkungen, die fast jedem einzelnen Beispiele über Brauchbarkeit und Genauigkeit der Methoden, über störende Einflüsse und Vorsichtsmaßregeln u. dgl. angefügt sind, spiegeln die reiche Erfahrung des Verfassers wider und sind für den Benutzer von unschätzbarem Wert. Den Fachgenossen an höheren Schulen sei diese ganz moderne Anleitung zur Maßanalyse für die chemische Handbücherei warm empfohlen. *Dm.*

Physikalische Probleme im Aufbereitungswesen des Bergbaus. Von Dr. S. Valentiner. (Sammlung Vieweg: Tagesfragen aus den Gebieten der Naturwissenschaften und Technik. H. 92.) 77 Abbildungen. 110 S. Braunschweig 1929, Friedr. Vieweg u. Sohn A. G. Geh. RM 7.—.

Die Methoden zur Aufbereitung von Erzen und Kohlengesteinen sind im Bergbau im wesentlichen bei der praktischen Arbeit in den Jahrhunderten, die die Kulturvölker schon Bergbau treiben, entstanden, also empirischer Natur. Es gibt nun aber eine ganze Reihe bergbaulicher Fragen physikalischer Natur, die der auf technische Probleme eingestellte Physiker einer Lösung näher bringen kann. Ansätze dazu sind vorhanden, und der Verfasser greift nun eine Reihe der wichtigsten Probleme heraus, die unabhängig voneinander behandelt werden.

In der Einleitung wird zunächst das zu bearbeitende Gebiet auf die rein physikalischen Fragen beschränkt, während die eigentlich technisch mechanischen, thermischen und elektrischen Vorgänge ausgeschlossen werden. Das erste Kapitel bildet eine Untersuchung über die Wirtschaftlichkeit der zur Zeit verwandten Aufbereitungsanlagen, die noch ziemlich im argen liegt, da ein großer Teil der aufgewandten Energie „vergeudet" wird. Nur eine genaue Betriebsüberwachung und die Ausnutzung wissenschaftlicher Erkenntnis kann Besserung bringen. Das wird am Beispiel der Benutzung von Kohlenwaschkurven eingehend erörtert. Das zweite Kapitel beschäftigt sich mit dem Setzprozeß, erläutert zunächst die Vorgänge in den Setzmaschinen, bringt dann eine vollständige Durchrechnung der Korngeschwindigkeit im Wasserstrom bei bestimmter Korngröße und der Kornbewegung über dem Sieb und versucht schließlich die günstigste Hubzahl und Hubhöhe zu ermitteln, ohne dabei zu ganz befriedigenden Resultaten zu kommen. Der folgende Abschnitt ist allgemeiner gehalten und gibt die wichtigste Erscheinung der modernen Strömungstheorie. Die Untersuchung der Herdarbeit im nächsten Abschnitt beschäftigt sich mit der Reibung auf der Herdfläche, mit der Wahl der Herdneigung und mit der Geschwindigkeit der Körnerbewegung in der Längs- und Querrichtung. An verschiedenen Typen werden Stoßherde, Schüttelherde und Rheoapparate aufgeführt.

Das 5. Kapitel bringt die Flotation oder Schwimmaufbereitung von einem allgemeinen Standpunkt ohne Eingehen auf technische Einzel-

heiten. Der Verfasser führt uns in die für die Aufbereitung in Frage kommenden Teile der Theorie der Oberflächenspannung und der Adsorption ein. Adsorption von Öl an der Oberfläche der Erzteilchen, die Erzeugung von Gasbläschen in der Flüssigkeit und endlich die Schaumbildung, die in der Regel durch irgendein Öl hervorgerufen wird, sind die wesentlichen Bedingungen der Flotation. — Einen breiteren Raum nehmen die magnetischen Aufbereitungsmethoden in Anspruch. Dabei setzt sich der Verfasser mit dem Einfluß der magnetischen Induktion, der Feldstärke, der Permeabilität und der Feldverteilung auf den Trennungsvorgang auseinander und wirft dabei auch die Frage auf: „Was verstehen wir heute unter Magnetismus?" Das vorletzte Kapitel behandelt die elektrostatische Aufbereitung und die Elektrofilter, und den Beschluß bildet ein kurzer Abschnitt über Materialprüfung durch Röntgenstrahlen.

Damit ist die Zahl der physikalischen Probleme bei den Aufbereitungsverfahren im Bergbau noch lange nicht erschöpft. Aber es lag dem Verfasser weit mehr daran, Interesse für derartige Probleme zu erwecken, als sie vollständig aufzurollen. Das dürfte ihm völlig gelungen sein, so daß das Buch für den Bergbaustudierenden und für den technisch eingestellten Physiker gleich wertvoll ist. *A. Isberg.*

Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden. Herausgegeben von Geh. Med.-Rat Prof. Dr. E. Abderhalden. III. Abt. Physikalisch-chemische Methoden, Teil A, Heft 7. 4 Einzelabhandlungen: 1. Methodik der Gewebselastometrie und der H-Ionenmessung am lebenden Organismus. Von H. Schade und K. Mayr, Kiel. 38 S. mit 13 Abbildungen. 2. Die polarographische Methode. Von Silvester Prat, Prag. 29 S. 3. Die Pufferlösungen bei der kolorimetrischen Bestimmung der Wasserstoffionenkonzentration. Von I. M. Kolthoff, Minneapolis. 19 S. 4. Methodik der Bestimmung der Kapillarität. Von Karl Schultze, Hamburg. 26 Abbildungen. 81 S. Berlin-Wien 1928, Urban und Schwarzenberg. Geh. RM 9.—.

Hier interessieren in erster Linie die physikalisch-chemischen Fragen aus den vier Abhandlungen.

Die Bestimmung von P_H erfolgt im lebenden Organismus auf Grund einer Gaskettenmessung. Es wird eine Spezialapparatur beschrieben, die von Schade, Neukirch und Halpert angegeben ist und im wesentlichen darauf beruht, daß nach dem Vorstechen mit einer Punktionsnadel eine Platinelektrode in einem Glasmantel in das zu untersuchende Gewebe eingeführt wird. Kleine Abänderungen der Apparatur gestatten dann auch, die Wasserstoffionenkonzentration von Flüssigkeitsansammlungen in Körperhöhlen und von Flüssigkeiten auf Wundflächen zu bestimmen.

Die zweite Abhandlung über die polarographische Methode beschäftigt sich mit dem Nachweis sehr kleiner Mengen von Verunreinigungen durch die verschiedensten Stoffe in Elektrolytlösungen. Man mißt mit Hilfe eines empfindlichen Galvanometers die Intensität des Stromes zwischen einer Bodenschicht von Quecksilber als Anode und einer Quecksilbertropfkathode. Bei kleinen elektromotorischen Kräften geht durch reine Salzlösungen nur sehr wenig Strom hindurch; sind aber beispielsweise in einer Lösung eines unedlen Metalls Spuren eines edleren vorhanden, so steigt bei dem Ausscheidungspotential die Stromintensität plötzlich an. In der Polarisationskurve entsteht eine „Welle". Untersuchungen verschiedener Böden, Seren, Harn und anderer Exkrete sind möglich; Metallsalzlösungen sind in großer Zahl untersucht, und auch Aschen, Mineralien, natürliche Wässer und Abwässer lassen sich auf diesem Wege analysieren.

Die folgende Abhandlung Kolthoffs ist eine Anleitung zur Herstellung von Pufferlösungen für die kolorimetrische Bestimmung der Wasserstoffionenkonzentration. Es werden solche Pufferlösungen nach den verschiedensten Autoren für einen P_H-Bereich von 1—11 angeführt, ihre Haltbarkeit, ihre Temperaturabhängigkeit, sowie die nötige Reinheit der Ausgangsstoffe besprochen; dagegen ist auf eine Beschreibung der Anwendung dieser Lösungen verzichtet worden.

Die Arbeit Schultzes über die Bestimmung der Kapillarität geht eingangs auf die Kapillarerscheinungen im allgemeinen ein und zeigt, daß der Begriff der Kapillare meistens viel zu eng gefaßt wird. Nach Schultze hat die Bestimmung der Kapillarität das Ziel, festzustellen, welche Gestalt und Ausdehnung eine Flüssigkeit bei der Berührung mit irgendwelchen Oberflächen annimmt. Dabei kommt es wesentlich auf die Form der Kapillaren an, bei denen echte, offene und gemischte unterschieden werden. Der Verfasser behandelt u. a. die bekannten Steighöhengesetze, Benetzung und Benetzbarkeit, die Verdrängung einer Flüssigkeit durch eine andere und beschreibt verschiedene Methoden zur Messung des Randwinkels, der Steighöhe, der Geschwindigkeit des kapillaren Aufstiegs, der Porosität, der Benetzungswärme und schließlich der Verdunstung.

Wenn die Schrift also auch zur Hauptsache Spezialabhandlungen bringt, so ist sie doch nicht ohne allgemeines Interesse für den Biologen und Chemiker. *A. Isberg.*

Chemikerkalender 1929. 50. Jahrgang. Berlin 1929, Julius Springer. RM 20.—.

Die Jubiläumsausgabe dieses jetzt von J. Koppel herausgegebenen Jahrbuches mag der Anlaß zu einem ausführlichen Hinweis namentlich für die jüngeren Amtsgenossen sein, damit sie nicht wie der Berichterstatter aus Unkenntnis jahrelang ohne diese Hilfe arbeiten. Jedes Laboratorium zumindest sollte alle 5 bis 10 Jahre ein Exemplar in die Handbücherei einstellen; denn was da an nützlichen Tabellen zusammengetragen ist, ist erstaunlich und hier kaum anzudeuten. Am meisten benutze ich die spezifischen Gewichte von Säuren, Basen, Salzen usw. wechselnder Konzentration. Jeder, dem die Bedeutung der

chemischen Massenwirkung eingegangen ist, wird nur ungern mit Lösungen anonymen Gehalts arbeiten und deshalb sich freuen, mit einer einfachen Spindelprobe sofort über die Konzentration orientiert zu sein. Ferner braucht man häufig die Löslichkeiten in Wasser und anderen Lösungsmitteln in ihrem Temperaturgange und mit Angabe der stabilen Bodenkörper, dann die ausführlichen Tabellen über Stoffeigenschaften, die vor allem auf organischem Gebiet wohl jede Frage beantworten. Das auf Dünnpapier gedruckte Material ist geradezu ein Kompendium der gesamten Chemie, von den Bedürfnissen der Praxis (Vorschriften für Analyse und technologische Untersuchungen) bis zu rein theoretischen Gebieten (Atom- und Molekulartheorie). Vorzügliche Tabellen über Gleichgewichtskonstanten, Photo-, Elektro- und Thermochemie, über Mineralien und Gesteine befriedigen jeden Wissensdurst weit über den Rahmen hinaus, den der schlichte Titel bezeichnet. Was der Landolt-Börnstein für das Hochschullaboratorium ist, kann uns der Chemikerkalender sein. Gerade weil wir meist auch Biologen sind, muß auf die Abteilung „physiologische Chemie“ besonders hingewiesen werden, die alles enthält, was die gerade hier rasch fortschreitende Forschung an Tatsachen braucht. Tabellen und Untersuchungsmethoden für Harn, Blut, Milch, Nahrungsmittel, über Vitamingehalt, für Puffergemische, Indikatorenintervalle usw. sind vorhanden. Am Schluß sind die neuesten statistischen Angaben zusammengestellt, die die Bedeutung der deutschen chemischen Industrie im Rahmen der Weltproduktion kennzeichnen. Gewiß ist der Kalender auf den allerdings sehr weitgezogenen Interessenkreis des Industriechemikers eingestellt, aber der größte Teil ist auch für uns nützlich, und es empfiehlt sich ein eingehendes Studium, um ihn voll ausnutzen zu können. Für die alten Freunde des Buches seien einige neue Kapitel bzw. Tabellen aufgeführt: Aufbau der Materie (82 Seiten, neu von Swinne bearbeitet); spezifische Reaktionen auf Kationen und Anionen, darunter viele noch wenig bekannte Farbreaktionen; technologische Untersuchung von Papier, Zellstoff und Kunstseide; Gesteinstabellen; wirtschaftliche Daten.

Schneider-Plauen i. V.

Vereine und Versammlungen.

Berliner Verein zur Förderung des physikalischen Unterrichts.

(Ortsgruppe des Deutschen Vereins zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts.)

Bericht über das Jahr 1929.

Den Vorstand bildeten die Herren: Girke, Spillner, Klamrott, Haase.

Sitzungen.

29. Januar. Herr Gass: „Wie lassen sich arbeitsunterrichtliche Methoden im Physikunterricht auch außerhalb der Schülerübungen durchführen, und wo finden sie ihre Grenzen?“

22. Februar. Gemeinsame Sitzung der drei Berliner Ortsgruppen des Deutschen Vereins zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts unter Mitwirkung der „Städtischen Veranstaltungen“.

Herr Günther: „Arbeitsunterrichtliche Ergebnisse aus der Akustik“ (Bestimmung von Schwingungszahlen auf stroboskopischem Wege. Kammertonsirene. Mathematische Betrachtungen zur diatonischen und wohltemperierten Tonleiter. Schwebungen.)

12. März. Herr Kröncke: „Neue Versuche zur Wellenlehre. Versuche mit der Punktlichtlampe.“

16. April. Herr Moeller: „Moderne Verstärker und Lautsprecher.“ (Mit Demonstrationen durch Rundfunk und Schallplatte.)

14. Mai. Gemeinsame Sitzung der Vereine zur Förderung des mathematischen und physikalischen Unterrichts.

Herr Rothe: „Über das Rechnen mit Zahlen von beschränkter Genauigkeit und über Interpolation.“

11. Juni. Herr Wallot: „Die Tätigkeit des Ausschusses für Einheiten und Formelgrößen und ihre Bedeutung für die Schule“.

17. und 24. September. (In Gemeinschaft mit den Städtischen Veranstaltungen zur Förderung des naturwissenschaftlichen Unterrichts.) Herr Hudec: „Magnetische Messungen auf der Schule.“ (Grundgrößen. Die rein elektrischen Wirkungen des Magnetismus. Magnetische Kräfte. Anwendungen.)

„Wechselstrommessungen auf der Schule.“ (Erzeugung. Grundgesetze. Darstellung des zeitlichen Verlaufes von Spannung und Strom, insbesondere mit Hilfe der Braunschen Röhre. Anwendungen.)

22. Oktober. Herr Bahrdt: „Neue Versuchsanordnungen, Apparaturen und Modelle aus der Mechanik, der Wärmelehre, der Mathematik und der experimentellen Psychologie.“

14. November. Herr Ramsauer: „Die experimentellen Entdeckungen des letzten Jahrzehnts als Grundlage für die Verschmelzung von Optik und Mechanik.“ *R. Girke.*

Korrespondenz.

Zu der Kleinen Mitteilung von W. UNGERER, Zwei physikalische Zeichengeräte, **42**, 264 (1929), ist nachzutragen, daß in dieser Zeitschrift bereits Herr W. PFEIFER, **24**, 155 (1911) einen Epizykloidenzirkel beschrieben hat, bei dem eine feste und eine bewegliche Holzscheibe benutzt werden. Die Kurve wird hier nicht aufgezeichnet, sondern durch ein rasch bewegtes Glühlämpchen sichtbar gemacht. Da das Glühlämpchen an dem Rollkreis nicht verschiebbar ist, entsteht nur eine der 3 möglichen Kurven. Auch auf eine frühere Arbeit desselben Verfassers über einen Zykloidenzirkel **23**, 279 (1910) sei verwiesen.

In der Kleinen Mitteilung von W. HEINTZE, Zur Konstruktion von Wellenmaschinen, **43**, 10 (1930), steht die Figur S. 10 auf dem Kopf. Unsere Leser werden dieses technische Versehen schon von sich aus berichtigt haben.

Die Firma ED. LIESEGANG in Düsseldorf konnte am 2. Dezember 1929 ihr 75jähriges Bestehen feiern. Der Begründer war Bildhauer in Elberfeld, erteilte daneben Zeichenunterricht am Gymnasium und an der höheren Webeschule und wurde 1833 Direktor der Schule für Kunst und Gewerbe. 1854 übernahm er ein wenige Jahre zuvor entstandenes photographisches Atelier. Bei dem damaligen Stande der Photographie und Chemikalienbeschaffung bedeutete das den Eintritt in Forscherarbeit. Im Anschluß an das Atelier entwickelte er eine photographische Lehranstalt und eine „Manufaktur", in der aller Bedarf für Photographie: Chemikalien, Linsen, Kameras, Kopierpapiere, hergestellt wurden. Der Sohn des Begründers führte das Geschäft erfolgreich weiter und verlegte es 1873 nach Düsseldorf. Er erfand das erste haltbar gesilberte Kopierpapier, das Aristopapier, und förderte die Photographie durch schriftstellerische Tätigkeit und durch die Pflege des Bildwurfes. Sein Sohn Dr. RAPH. ED. LIESEGANG hat die photochemische Arbeit der Firma ganz besonders gefördert. Das erste Kunstlichtpapier, das Tulapapier, wurde von ihm erfunden. Als er sich aus der Firma zurückzog, um ganz wissenschaftlicher Forschung zu leben, entschloß man sich, die ganze photochemische Abteilung an Friedrich Bayer & Co. in Leverkusen abzugeben und alle Kraft der aufblühenden Projektionskunst zuzuwenden. Auch auf diesem Gebiet hat die Firma die Führerrolle behalten und steht durch ihre Fähigkeit, sich neuen Anforderungen und neuen technischen Möglichkeiten anzupassen, in erster Reihe. Die Bücher F. P. LIESEGANGS über Kinematographie, seine zahlreichen geschichtlichen Aufsätze über Photographie und Bildwurf und seine glänzenden optischen Schulversuche gelten uns als Geschenke von dauerndem Wert.

In der Reihe der neben unserer Zeitschrift als Sonderhefte laufenden „Abhandlungen zur Philosophie und Didaktik der Naturwissenschaft" ist das 14. Heft neu erschienen. Die beiden Verfasser Dr. ing. KARL SCHMIDT und Dr. WILHELM VOLKMANN behandeln darin die Messungen an elektrischen Maschinen. Im einleitenden Teil werden die wesentlichen Grundlagen für das Verständnis der elektrischen Maschinen überhaupt und für die Unterschiede ihrer Wirkungsweise erörtert. Daran schließen sich 34 durchgeführte Versuchsreihen mit Angabe der Schaltung und Darstellung der Ergebnisse in Kurven. Diese Berichte sind zugleich Anleitungen zur Ausführung solcher Messungen an Maschinen beliebiger Größe.

Je kleiner eine Maschine ist, um so weniger prägen sich die Eigenschaften aus, die dem besonderen Typ zukommen. Treten noch zufällige Unterschiede im Aufbau hinzu, so ist es bei kleinen Maschinen kaum mehr möglich, die wesentlichen und unwesentlichen Einflüsse auseinanderzuhalten. Für die Schule kommen große Maschinen nicht in Betracht, und kleine zeigen, wenn sie im übrigen hinreichend vergleichbar sind, ihre Besonderheiten deutlich genug bei einem Wirkungsgrad von 30%. Um die Vergleichbarkeit hinreichend zu sichern, wurde eine Schulmaschine ausgearbeitet, die sich in den verschiedensten Weisen benutzen läßt. Sie kann als Gleichstrommotor für Hauptschluß, Nebenschluß und Doppelschluß, als Dynamo in diesen drei Schaltungen für Selbst- und Fremderregung, als Generator für Wechselstrom und Drehstrom, als Mittelfrequenzgenerator und als Umformer benutzt werden. Sie ist nicht nur ein Lehrmittel, sondern zugleich für eine Reihe von Versuchen eine geeignete Stromquelle und ein Motor sehr veränderlicher Drehzahl. Indem sie so mehrere Einzelmaschinen ersetzt, dürfte ihr Preis für die Schule erschwinglich sein. Als Übungsmaschine wird sie auch für die technische Hochschule weitgehend in Betracht kommen; um dieser Verwendung willen geht die Anleitung mehrfach über den Bedarf der Schule hinaus. Das 75 Seiten starke Heft, mit 47 Abbildungen, ist zum Preise von RM 4.50 vom Verlage Julius Springer zu beziehen.

In den Mitteilungen der Preußischen Hauptstelle für den naturwissenschaftlichen Unterricht ist Heft 11 erschienen: GEORG SCHEFFERS, Allerhand aus der zeichnenden Geometrie. Es enthält die beiden Vorträge, die G. SCHEFFERS 1927 und 1929 in den Herbstferienlehrgängen der Hauptstelle in Berlin gehalten hat, 1. Einige Fragen aus dem Gebiete der darstellenden Geometrie; 2. Lineal und Zirkel; Geschichte, Theorie und Praxis. Das 62 Seiten starke Heft, mit 52 Abbildungen, ist vom Verlage Quelle & Meyer in Leipzig, geh. für RM 3.20 und geb. für RM 4.20 zu beziehen.

Himmelserscheinungen im Mai und Juni 1930.

W.Z.: Welt-Zeit = Bürgerliche Zeit Greenwich. 0^h W.Z. = Mitternacht bürgerliche Zeit Greenwich. Stundenzählung von 0^h bis 24^h. M.E.Z. = Bürgerliche Zeit Stargard = W.Z. + 1^h.

0^h W.Z.	Sonne ☉				Merkur ☿		Venus ♀		Mars ♂		Jupiter ♃		Saturn ♄	
	AR.	Dekl.	Zeitgl.[1]	Sternzeit[2]	AR.	Dekl.	AR.	Dekl.	AR.	Dekl.	AR.	Dekl.	AR.	Dekl.
1930	h m	°	m s	h m s	h m	°	h m	°	h m	°	h m	°	h m	°
Mai 1	2 30	+14,8	−2 51	14 32 47	3 48	+22,8	3 53	+20,7	0 20	+ 0,9	5 5	+22,5	18 51	−22,2
„ 6	2 49	16,3	3 24	14 52 30	3 59	22,9	4 19	22,0	0 34	2,4				
„ 11	3 8	17,6	3 44	15 12 13	4 0	22,0	4 45	23,1	0 48	3,9	5 14	22,7	18 50	22,2
„ 16	3 28	18,9	3 49	15 31 56	3 54	20,4	5 11	24,0	1 2	5,4				
„ 21	3 48	20,0	3 39	15 51 38	3 44	18,4	5 38	24,5	1 16	6,9	5 23	22,9	18 48	22,2
„ 26	4 8	+21,0	−3 16	16 11 21	3 35	+16,5	6 4	+24,8	1 30	+ 8,3				
„ 31	4 28	21,8	2 40	16 31 4	3 30	15,3	6 31	24,8	1 44	9,7	5 33	+23,1	18 46	−22,3
Juni 5	4 49	22,4	1 54	16 50 47	3 31	15,0	6 57	24,5	1 58	11,1				
„ 10	5 9	22,9	−1 0	17 10 30	3 40	15,5	7 23	23,8	2 12	12,4	5 43	23,2	18 44	22,4
„ 15	5 30	23,3	+0 1	17 30 12	3 55	16,7	7 49	22,9	2 27	13,6				
„ 20	5 51	+23,4	+1 5	17 49 55	4 17	+18,4	8 14	+21,8	2 41	+14,8	5 53	23,2	18 41	22,4
„ 25	6 12	23,4	2 11	18 9 38	4 45	20,3	8 39	20,4	2 55	15,9				
„ 30	6 33	23,2	3 14	18 29 21	5 20	22,1	9 3	18,7	3 10	17,0	6 3	23,3	18 38	22,5
Juli 5	6 53	+22,9	+4 11	18 49 3	6 1	+23,4	9 27	+16,9	3 24	+17,9	6 8	+23,2	18 36	−22,5

[1] Zeitgleichung = mittlere Zeit − wahre Zeit.
[2] Die Korrektion der Sternzeit für einen Ort λ° östliche bzw. westliche Länge von Greenwich ist $\mp 0^s.657 \cdot \lambda^\circ$.

Auf- und Untergänge des oberen Randes der Sonne und des Mondes in M.E.Z.
Breite von Berlin (+ 52,5°), Länge von Stargard (15° östlich Greenwich).

	Sonne		Mond			Sonne		Mond			Sonne		Mond	
	Aufg.	Unterg.	Aufg.	Unterg.		Aufg.	Unterg.	Aufg.	Unterg.		Aufg.	Unterg.	Aufg.	Unterg.
1930	h m	h m	h m	h m	1930	h m	h m	h m	h m	1930	h m	h m	h m	h m
Mai 1	4 32	19 23	5 30	23 29	Mai 26	3 52	20 2	2 49	18 10	Juni 20	3 39	20 24	0 33	13 6
„ 6	4 22	19 32	11 22	2 32	„ 31	3 47	20 9	6 10	—	„ 25	3 40	20 24	1 57	20 2
„ 11	4 13	19 40	18 27	3 38	Juni 5	3 43	20 14	13 28	1 23	„ 30	3 42	20 24	8 20	23 17
„ 16	4 5	19 48	—	5 55	„ 10	3 40	20 19	20 12	2 36	Juli 5	3 46	20 22	15 22	0 6
„ 21	3 58	19 55	1 54	11 45	„ 15	3 39	20 22	23 45	7 1					

Mondphasen M.E.Z.	Neumond	Erstes Viertel	Vollmond	Letztes Viertel
		Mai 5 17^h 53,1m	Mai 12 18^h 29,3m	Mai 20 17^h 21,6m
	Mai 28 6^h 36,6m	Juni 3 22 56,3	Juni 11 7 11,7	Juni 19 10 0,4
	Juni 26 14 46,7	Juli 3 5 3,1		

Verfinsterungen der Jupitertrabanten. Trabant III: Mai 25 20^h 52,9m M.E.Z. Austritt.

Tägliches Erscheinen und Verschwinden der Planeten. Breite von Berlin, Länge von Stargard.

M.E.Z.	Merkur ☿	Venus ♀	Mars ♂	Jupiter ♃	Saturn ♄
Mai 1	D_a 20,6h U 21,5h	D_a 20,0h U 21,4h	—	D_a 20,6h U 22,8h	A 0,4h D_m 3,1h
„ 11	D_a 21,0 U 20,9	D_a 20,3 U 21,9	—	D_a 21,0 U 22,3	A 23,7 D_m 2,7
„ 21	—	D_a 20,5 U 22,3	—	D_a 21,4 U 21,8	A 23,0 D_m 2,3
„ 31	—	D_a 20,8 U 22,6	—	—	A 22,3 D_m 2,0
Juni 10	—	D_a 21,0 U 22,6	—	—	A 21,6 D_m 1,8
„ 20	—	D_a 21,1 U 22,6	A 1,4h D_m 1,7h	—	A 20,9 D_m 1,7
„ 30	—	D_a 21,1 U 22,4	A 1,0 D_m 1,8	—	A 20,2 D_m 1,8

A = Aufgang; U = Untergang; D_a und D_m = Erscheinen bzw. Verschwinden in der Dämmerung.

Venus in Konjunktion mit **Jupiter**, Venus 1° 21′ nördlich von Jupiter am 17. Mai 19^h M.E.Z.
Sommersanfang: 22. Juni 4^h 54m M.E.Z. *Kohl.*

Für die Redaktion verantwortlich: Ministerialrat Professor Dr. K. Metzner, Berlin W 8.
Nachdruck nur mit Quellenangabe und mit Genehmigung der Verlagsbuchhandlung gestattet.
Verlag von Julius Springer in Berlin W. — Druck der Universitätsdruckerei H. Stürtz A.G., Würzburg.